Kritische Untersuchungen über den Verlauf der Ertragskurve bei Kali und Phosphorsäure

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Philosophischen Fakultät der Universität Rostock

vorgelegt von

Paul Vath

aus Malchin

Rostock

Carl Hinstorffs Hofbuchdruckerei

1931

Referent: Professor Dr. F. Honcamp.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Inhaltsverzeichnis.

Seite

A. **Einleitung** 5

B. **Experimenteller Teil** 11

Allgemeines über das Ansetzen der Gefäßversuche . . 11

Untersuchungen über den Verlauf der Ertragskurve auf Grund der gegebenen Kalimengen 16

Vergleich der Wirkungsfaktoren für Kali auf Grund der gegebenen Kalimengen 23

Untersuchungen über den Verlauf der Ertragskurve auf Grund der aufgenommenen Kalimengen 25

Vergleich der Wirkungsfaktoren für Kali, die auf Grund der gegebenen und aufgenommenen Kalimengen gefunden wurden 33

Untersuchungen über den Verlauf der Ertragskurve auf Grund der gegebenen Kalimengen bei geringerer Grunddüngung 34

Bestimmung des Gehaltes an aufnehmbarem Kali in verschiedenen Böden 39

Zusammenfassung der Ergebnisse über die Versuche mit Kali 47

Untersuchungen über den Verlauf der Ertragskurve auf Grund der gegebenen Phosphorsäuremengen 50

Vergleich der Wirkungsfaktoren für Phosphorsäure auf Grund der gegebenen Phosphorsäuremengen 57

Untersuchungen über den Verlauf der Ertragskurve auf Grund der aufgenommenen Phosphorsäuremengen . . 58

Vergleich der Wirkungsfaktoren für Phosphorsäure, die auf Grund der gegebenen und aufgenommenen Phosphorsäure gefunden wurden 67

Untersuchungen über den Verlauf der Ertragskurve auf Grund der gegebenen Phosphorsäuremengen bei geringerer Grunddüngung 69

Untersuchungen über den Verlauf der Ertragskurve auf Grund der aufgenommenen Phosphorsäuremengen bei geringerer Grunddüngung 72

Zusammenfassung der Ergebnisse über die Versuche mit Phosphorsäure 74

C. **Anhang** 77

Einleitung.

Bis ungefähr zur Mitte des vorigen Jahrhunderts nahm die Humustheorie A. Thaers in der naturwissenschaftlichen Forschung eine Vorrangstellung ein. Diese Theorie ließ die Aschenbestandteile der Pflanzen vollkommen unberücksichtigt und behauptete, daß die Fruchtbarkeit des Bodens nur von seinem Gehalt an Humusstoffen abhänge.

Diese Ansicht wurde zuerst von Carl Sprengel[1]) als falsch erkannt. Er vertrat die Anschauung, daß die Mineralstoffe allen Gewächsen zur wirklichen Nahrung dienten und zu ihrer chemischen Konstitution ebenso erforderlich wären wie der Sauerstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff der organischen Düngermaterialien.

Bald darauf gelangte auch Liebig[2]) zu dieser Auffassung. Beide Forscher versuchten nun, sich ein klares Bild darüber zu verschaffen, welche Rolle die mineralischen Bestandteile der Pflanzenasche in der Pflanzenernährung spielte.

So schrieb C. Sprengel[3]), daß ein Boden, trotz für die Kultur einwandfreier, physikalischer Beschaffenheit unfruchtbar sein könnte, wenn nur ein einziger Nährstoff fehlte, der zu den Nährmitteln der Pflanzen gehörte. Liebig[4]) kam bei seinen Untersuchungen zu derselben Erkenntnis, welche er in das „Gesetz vom Minimum" kleidete. Dieses Gesetz besagte, daß die Höhe des Ertrages im Verhältnis stände zu demjenigen zur völligen Entwicklung der Pflanzen unentbehrlichen Nährstoff, welcher im Boden in kleinster Menge, also im Minimum, vorhanden wäre.

---

1) Carl Sprengel, Die Bodenkunde. Leipzig 1837.
„ „ Die Lehre vom Dünger. Leipzig 1839.
2) J. v. Liebig, Die organ. Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie. Braunschweig 1840, S. 152.
3) C. Sprengel, Die Bodenkunde. Leipzig 1837, S. 303.
4) J. v. Liebig, Grundsätze der Agrikulturchemie. Braunschweig 1855, 2. Aufl., S. 121.

Es war jedoch Liebig[5]) bei seinen Forschungen nicht entgangen, daß die Erträge nicht im geraden Verhältnis zu den dem Boden zugeführten mineralischen Nährstoffen stehen. Liebig[6]) stellte weiterhin fest, daß im Boden Widerstände vorhanden seien, welche die Pflanzennahrung an der ihrer Menge entsprechenden Erzeugung des Ertrages hindern, und daß diese Widerstände mit der Zuführung steigender Nährstoffmengen immer größer würden[7]). Der zweite Teil dieses Satzes wurde später durch Versuche von Zoeller[8]) und Nägeli bestätigt, welche Torf in Gefäßen mit steigenden Mengen einer Nährstofflösung bis zur Sättigung düngten. Es stellte sich dabei heraus, daß bei halber Grunddüngung nicht ein doppelt so hoher Ertrag wie bei Viertelsättigung erzielt wurde, und bei voller Sättigung nicht ein doppelt so hoher wie der bei halber Sättigung geerntet wurde, sondern jedesmal weniger.

Diese Versuche fanden seinerzeit eingehende Beachtung bei den daran interessierten Naturwissenschaftlern, so auch bei Liebig[9]), Henneberg[10]) und von Thielau[11]). Es wurde daraufhin untersucht, ob nicht eine bestimmte Gesetzmäßigkeit zwischen Ertrag und Nährstoffmenge festgelegt werden könnte. Henneberg teilte mit, daß sich die Erträge nahezu verhielten wie die Quadratwurzel der Nährstoffmengen, und von Thielau stellte fest, daß die Zunahme der Pflanzenmasse bis zu gewissen Grenzen nach dem Krümmungsgesetz der Parabel erfolgt, daß sich aus den Ergebnissen aber auch andere Kurven (Ellipse und Hyperbel) konstruieren lassen.

An weiteren Versuchen mit Bohnenpflanzen in verschiedenen Nährmedien (Torf, Gartenerde, Sand) erkannte

---

5) J. v. Liebig, Grundsätze der Agrikulturchemie. 1855, S. 24.

6) J. v. Liebig, Chemische Briefe. Leipzig u. Heidelberg 1859, Bd. II, S. 473.

7) J. v. Liebig, Grundsätze der Agrikulturchemie, 1855, S. 24.

8) Ph. Zoeller, Journal für Landwirtschaft, 15, 2 205 (1867).

9) J. v. Liebig, Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie, 7. Aufl. 1862, S. 116, 117 u. 415.

10) W. Henneberg, zit. nach Zoeller l c.

11) v. Thielau, zit. nach Zoeller l c.

Zoeller[12]), daß die Wirkung der zugeführten Düngung von der schon vorhandenen Nährstoffmenge abhänge, und daß dem Boden umsomehr Nährstoffe zugeführt werden müßten, um eine bestimmte Wirkung zu erzielen, je mehr der Boden von vornherein von diesem Nährstoff enthielte. Demnach erkannte Zoeller schon 1867, daß aus dem Ertragsverhältnis eines ungedüngten Bodens zu einem gedüngten ein Schluß auf den Nährstoffgehalt des Bodens gezogen werden kann. Diese Überlegung Zoellers geriet dann längere Zeit in Vergessenheit. Erst E. A. Mitscherlich[13]) kam zu diesem Gedankengang bei der Bestimmung des Nährstoffvorrates der Böden zurück. E. A. Mitscherlich hat versucht, den Grad der Abhängigkeit des Pflanzenertrages von dem im Minimum vorhandenen Vegetationsfaktor auf mathematischem Wege festzustellen. Dabei nahm Mitscherlich zunächst an, daß zwischen dem veränderlichen Wachstumsfaktor und dem Ertrag eine Proportionalität bestände, und suchte dies durch Vegetationsversuche mit steigenden Phosphorsäuregaben nachzuweisen. Die graphische Darstellung ergab jedoch, daß die gefundenen Erträge nicht proportional der Phosphorsäuredüngung anstiegen. Auf Grund weiterer Überlegungen kam Mitscherlich zu dem Resultat, „daß der Geschwindigkeitszuwachs (im Ertrage) proportional ist dem jeweilig an einem Höchstertrag fehlenden Ertrag". Sodann berücksichtigte Mitscherlich noch, daß bei praktischen Versuchen schon ohne Düngung ein bestimmter Ertrag erzielt wird, und gelangte auf diese Weise mit der Gleichung

$$\log (A-y) = \log (A-y_0) - cx$$

zur mathematischen Formulierung des Abhängigkeitsgrades des Pflanzenertrages von dem im Minimum vorhandenen Wachstumsfaktor.

Durch verschiedene Versuche wies Mitscherlich[13]) nun nach, daß seine Annahme von der logarithmischen Funktion zwischen Ertrag und Nährstoffmenge zu Recht bestände, daß jeder Wachstumsfaktor im allgemeinen einen bestimmten,

12) Ph. Zoeller, l c S. 200.

13) E. A. Mitscherlich, Die Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens. Berlin 1925.

unveränderlichen Wirkungswert besäße, der in der obigen Gleichung durch den Faktor c ausgedrückt ist.

Ganz besonders befaßte sich E. A. Mitscherlich mit dem Fall, daß zwei Wachstumsfaktoren gleichzeitig verändert werden. Bei einem Gefäßversuch mit Erbsen[14]) z. B. variierte er einerseits die Phosphorsäuredüngung und andererseits die Grunddüngung dadurch, daß er jede Phosphorsäure-Differenzgabe mit 4 verschieden großen Mengen Grunddüngung ansetzte. Dabei fand er, daß bei allen vier verschiedenen Grunddüngungen die Funktion zwischen y (Ertrag) und x (Phosphorsäuredüngung) immer so verlief, daß sich stets der gleiche Faktor c ergab. Nahm er andererseits die Grunddüngung als Variante an, so kam er zu dem entsprechenden Resultat.

Aus diesen Versuchen leitete Mitscherlich das „Gesetz der physiologischen Beziehungen" (l. c. 363) ab, welches besagt, „daß die Höhe des Pflanzenertrages von sämtlichen Wachstumsfaktoren bedingt wird".

Dieses Gesetz brachte Baule[15]) in eine mathematische Form, indem er hierbei die Abhängigkeit des Ertrages von allen in Frage kommenden Wachstumsfaktoren gleichzeitig berücksichtigte.

Im Anschluß an die Baulesche Formulierung brachte nun E. A. Mitscherlich[16]) sein „Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren" in die folgende Form: „Der Pflanzenertrag steigt mit der Steigerung eines jeden Wachstumsfaktors mit einer dem betreffenden Faktor eigenen Intensität, und zwar derart, daß die Ertragssteigerung mit der Zuführung dieses Wachstumsfaktors dem an einem Höchstertrage fehlenden Ertrag proportional ist."

Infolge der großen Bedeutung dieses Gesetzes, sowohl für die Wissenschaft als auch für die Praxis, befaßten sich viele Forscher damit, indem sie teils Kritik an ihm übten, teils aber auch durch eigene Versuche wesentliche Beiträge für oder wider Mitscherlich lieferten. Im Vordergrund

---

14) E. A. Mitscherlich, Landw. Jahrb. 49, 341 (1916).

15) B. Baule, Landw. Jahrb. 51, 363 (1918); 54, 493 (1920; 59, 341 (1924). S. a. Mitscherlich, Die Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens. Berlin 1925, S. 30 ff.

16) E. A. Mitscherlich, Landw. Jahrb. 56, 71 (1921).

standen besonders zwei Behauptungen Mitscherlichs, 1., daß die Ertragskurve logarithmisch verläuft, und 2., daß die Konstante c dieser Funktion, also der Wirkungswert des zu untersuchenden Wachstumsfaktors, unter allen Bedingungen konstant sei.

Gegen das Bestehen einer logarithmischen Funktion hat sich schon A. Mayer[17]) ausgesprochen, während Rodewald[18]) für die logarithmische Kurve eintrat, allerdings mit der Einschränkung, daß der Höchstertrag in der Gleichung sehr unsicher und in den verschiedenen Jahren nicht konstant sei. Eine absolute Geltung des Mitscherlichschen Gesetzes käme daher nicht in Frage.

Rippel[19]) rechnete einen Versuch Mitscherlichs nach, bei welchem der Wirkungsfaktor des Stickstoffes bei veränderten Wassermengen als konstant festgestellt war, und fand mit dem von Mitscherlich errechneten keine Übereinstimmung. Er schlug vor, daß für die Ertragskurve als Abszisse nur die von den Pflanzen aufgenommenen Nährstoffmengen in Betracht kommen könnten. Seiner Meinung schlossen sich Gerlach, Günther und Seidel[20]) an.

Ablehnend zu Mitscherlich verhielt sich Gerlach[21]), der den von Mitscherlich bei einem Stickstoffversuch gefundenen Wirkungsfaktor verdoppelte oder halbierte und trotzdem einen von dem Mitscherlichschen Wert nicht sehr verschiedenen Wirkungsfaktor erhielt. Weiterhin behauptete Gerlach[22]), daß die verschiedenen Pflanzen einen verschiedenen Wirkungsfaktor für denselben Nährstoff hätten, da jede Pflanzenart die Wachstumsfaktoren in einer ihr eigenen Weise verwerte.

---

17) A. Mayer, Landw. Vers.-Stat. **78**, 115 (1912).

18) Rodewald, Landw. Vers.-Stat. **78**, 245, 389 (1912).

19) A. Rippel, Journ. f. Landw. **70**, 9 (1922), Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. A. **3**, 396 (1924) A. **7**, 1 (1926).

20) M. Gerlach, E. Günther u. C. Seidel, Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. A. **11**, 1 (1928).

21) M. Gerlach, Landw. Jahrb. **63**, 359 (1926).

22) M. Gerlach, Ztschr. f. Pflanzenern. u. Düng. B. **5**, 504 (1926); Mitt. d. D.L.G. **41**, 985 (1926); Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. A. **11**, 1 (1928).

Auch Lemmermann[23]) spricht sich gegen das Mitscherlichsche Wirkungsgesetz aus und besonders zu dessen praktischer Verwendung. Lemmermann fand bei verschiedenen Feldversuchen mit Stickstoff keinen konstanten Wert für N.

Ebenso stellten auch Opitz und Rathsack[24]) bei ihren Stickstoffversuchen mit verschiedenen Grunddüngungen, die sich in ihrem Gehalt an Phosphorsäure voneinander unterschieden, verschiedene Wirkungsfaktoren für Stickstoff fest.

Mehrere Gefäßversuche wurden auch von Densch und Pfaff[25]) ausgeführt, durch welche im großen ganzen das Mitscherlichsche Gesetz bestätigt wurde, allerdings mit der Einschränkung, daß die Übertragung der Ergebnisse aus den Gefäßversuchen auf die Verhältnisse im Freiland einer gewissen Willkür unterworfen sei.

In neuester Zeit nun wurde von H. Wiessmann[26]) ein interessanter Beitrag zu Mitscherlichs Versuchen gestellt, in welchem er besonders den Verlauf der Ertragskurve bei sehr hohen Nährstoffmengen in Betracht zog. Durch Versuche mit Raigras wies H. Wiessmann nach, daß die Erträge bei einer bestimmten Düngung ihr Maximum erreichen, und daß bei einer weiteren Steigerung der Düngung die Erträge herabgedrückt werden. Wiessmann[27]) wies darauf hin, daß daher das Mitscherlichsche Wirkungsgesetz über den Höchstertrag hinaus sicher keine Berechtigung mehr habe.

Abschließend ergibt sich nun aus obigen Ausführungen, daß das Mitscherlichsche Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren durchaus nicht als endgültige Lösung dieses Problems betrachtet werden kann.

Im folgenden wurde nun durch eigene Versuche ein Beitrag geliefert, der eine weitere Klärung in diesen Fragen bringen möge.

---

23) O. Lemmermann, Ztschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. B. 7, 49 (1928).

24) Opitz u. Rathsack, Landw. Jahrb. 67, 321 (1928).

25) Densch u. Pfaff, Ztschr. f. Pflanzenern. u. Düngung, B. 4, 321 (1925); B. 6, 385 (1927); Landw. Jahrb. 64 (Ergänzung) 17 (1926); B. 7, 49 (1928).

26) H. Wiessmann, Pflanzenbau, 4, 193 (1927/28).

27) H. Wiessmann, Pflanzenbau, 5, 142 (1928/29).

Experimenteller Teil.

Allgemeines über das Ansetzen der Gefäßversuche.

Um obige Fragen zu beantworten, wurden im Jahre 1929 an der Landwirtschaftlichen Versuchsstation zu Rostock Gefäßversuche ausgeführt.

Für diese Versuche wurden obigen Fragen gemäß Versuchsreihen mit steigenden Kali- bzw. Phosphorsäuregaben angesetzt.

Die Versuche wurden in den von E. A. Mitscherlich[1]) vorgeschlagenen zylindrischen Gefäßen aus emailliertem Eisenblech ausgeführt. Am Boden dieser Gefäße, deren Grundfläche 308 cm^2 mißt, befindet sich eine schlitzartige Öffnung, um die Stagnation des Wassers zu verhindern, wodurch leicht Vergiftungserscheinungen an den Pflanzen hervorgerufen werden könnten. Damit nun durch das abfließende, überschüssige Wasser kein Bodenmaterial aus dem Gefäß gespült wird, wurde der Schlitz mit einem Drahtnetz aus emailliertem Eisendrahtgewebe und darauf mit einem Streifen Stoffgaze verdeckt. Da mit dem abfließenden Wasser wahrscheinlich Nährstoffe ausgewaschen werden, so wurde dieses durch unter die Gefäße gestellte Untersätze aufgefangen. Beim nächsten Aufgießen gelangten dann die etwa durchgespülten Nährstoffe wieder in das Gefäß und wurden auf diese Weise den Pflanzen während der ganzen Vegetationszeit nutzbar gemacht.

Die Gefäße wurden reihenweise mit Hilfe sauber gewaschener Quarzsteine, die sich den Pflanzen gegenüber indifferent verhalten, auf gleiches Gewicht gebracht, um ein später folgendes, leichteres Durchwiegen der Gefäße zu ermöglichen. Die Gewichte wurden aufgezeichnet.

---

1) E. A. Mitscherlich, Die Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens. Berlin 1925, S. 11.

Als Bodenmaterial wurde zum Teil ein Glassand aus Hohenbocka in der Niederlausitz, zum Teil eine Mischung aus Glassand und Ackerboden verwendet. Sofern als Füllung für die Gefäße eine Mischung aus Sand und Ackerboden diente, wurde letzterer zunächst durch ein 1 cm weites Maurersieb gesiebt und des öfteren umgeschaufelt, um einen in jeder Weise gleichartigen Boden zu erhalten.

Das Bodenmaterial wurde auf einer Tischdezimalwaage gewogen und in einer größeren, emaillierten Wanne mit der erforderlichen Düngung gründlich vermischt, und zwar zuerst mit dem festen Düngemittel ($Ca\,CO_3$) und darauf mit den gelösten Stoffen. Falls die Düngemittel in einer verhältnismäßig geringen Menge Wasser gelöst waren, so wurde diese Lösung noch verdünnt, um eine höchstmögliche, gleichmäßige Verteilung in dem Bodenmaterial zu erzielen.

Sodann wurde die Mischung in die mit einer Nummer versehenen Gefäße geschüttet, wobei die ersten Bodenmengen fest gegen den Boden des Gefäßes gedrückt wurden, um ein Verschieben der Gazeeinlage zu verhindern. Etwa beim Einschütten daneben gegangene Bodenteilchen wurden durch eine Pappunterlage aufgefangen und dann ebenfalls in das Gefäß getan.

Nach jedesmaligem Mischen wurde die Wanne unter Zuhilfenahme einer kleinen, in das Gewicht der Mischung bereits inbegriffenen, vorher zurückgehaltenen Sandmenge mit einem starken Borstenpinsel peinlichst gereinigt. Zum Schluß wurde jedes Gefäß mit einer Deckschicht von 1 000 gr Sand versehen. Damit sollte erreicht werden, daß den jungen, im Anfangsstadium des Wachstums befindlichen Wurzeln eine möglichst schwach konzentrierte Nährstofflösung zur Verfügung stand. Von jeder Differenzdüngung wurden vier, in einem einzigen Falle wegen Mangels an Boden drei Parallelgefäße angesetzt.

Da das Bodenmaterial und die Düngemittel mit den Händen gemischt wurden, so mußten diese nach jeder differenzierten Düngung, also nach je 4 bzw. 3 Parallelgefäßen, abgespült werden, da durch die an den Händen haftenden Bodenteilchen der vorhergehenden Mischung, zumal wenn eine höhere Düngegabe dazugetan war, der Düngegehalt der nachfolgenden nicht unwesentlich verändert wird. Weil die Pflanze

imstande ist, sogar noch ein mg eines Nährstoffes in 100 gr Boden festzustellen (vgl. 29. Mitteilung von Mitscherlich), so mußte auf diese scharfe Reaktion beim Mischen peinlichst Rücksicht genommen werden.

Um nun zu den Düngemitteln überzugehen, sei gesagt, daß nur der Kalk als kohlensaurer Kalk in fester Form gegeben wurde. Die übrigen Düngemittel wurden in Form von wässerigen Lösungen gegeben. Zu diesem Zweck wurden folgende Lösungen hergestellt:

1. Kaliumsulfatlösung,
   enthaltend 0,05 gr K_2O in 5 cm³ Lösung,
2. Kaliumsulfatlösung,
   enthaltend 1,6 gr K_2O in 50 cm³ Lösung,
3. Superphosphatlösung,
   enthaltend 0,5 gr P_2O_5 in 50 cm³ Lösung,
4. Superphosphatlösung,
   enthaltend 1,0 gr P_2O_5 in 50 cm³ Lösung,
5. Grunddüngelösung, enthaltend in 50 cm³ Lösung:
   3,43 gr Ammoniumnitrat,
   1,0 gr krist. Magnesiumsulfat,
   0,5 gr Kochsalz,
6. Eisensulfatlösung, die ihrer leichten Zersetzbarkeit wegen jeden Tag frisch bereitet wurde, enthaltend:
   0,2 gr Eisensulfat ($FeSO_4 . 7H_2O$) in 5 cm³.

Was die Superphosphatlösung anbelangt, so wurde sie folgendermaßen hergestellt:

2300 gr Superphosphat wurden mit 8—10 Ltr. destilliertem Wasser unter Umrühren übergossen, erhitzt und etwa 20 Minuten lang gekocht. Um ein Ansetzen des Superphosphates zu vermeiden, wurde das Umrühren während des Kochens fortgesetzt. Nach dem Abkühlen wurde die Lösung mit dem Gips, der sich in ziemlicher Menge abgeschieden hatte, in eine 20-Ltr.-Flasche übergespült und bis zur Marke aufgefüllt. Sodann wurde die Lösung nach dem Absetzenlassen durch ein Filter in einen Ballon filtriert.

Wie bereits eingangs erwähnt wurde, müssen, wenn man die Abhängigkeit des Pflanzenertrages von einem einzigen Wachstumsfaktor bestimmen will, alle anderen Wachstumsfaktoren konstant gehalten werden. Wie diese Voraussetzung in Bezug auf die im Bodenmaterial vorhandenen Nährstoff-

mengen durch peinlichste Sauberkeit und äußerste Gewissenhaftigkeit geschaffen wurde, wurde eben gezeigt.

Während es sich bisher im wesentlichen um bodenkundliche Wachstumsfaktoren handelte, mußten die klimatischen Wachstumsfaktoren berücksichtigt werden, als die gefüllten Gefäße im Drahtschuppen der Mitscherlich-Station aufgestellt wurden. Die Gefäße wurden nicht zu dicht gestellt, damit sich die Pflanzen nicht gegenseitig Licht und Wärme rauben konnten. Um Belichtungsfehler möglichst auszuschalten oder doch zum mindesten zu erreichen, daß diese in den Abweichungen der Ergebnisse der einzelnen Parallelversuche vom Mittel enthalten sind, wurden die Gefäße mit gleicher Differenzdüngung möglichst gleichmäßig über den zur Verfügung stehenden Raum verteilt.

Kurz vor dem Säen wurden auf jedes Gefäß 800 cm^3 destilliertes Wasser gegossen. Das Säen selbst erfolgte in der Art, daß mit einer der Grundfläche der Gefäße angepaßten Holzscheibe, welche mit 25 Zapfen in gleichem Abstand versehen war, Löcher in den Boden gedrückt wurden. In jedes dieser Löcher wurden 2 Haferkörner gelegt, die dann mit etwas Boden zugedeckt wurden.

Um die Verwendung von Hafer als Saat zu rechtfertigen, sei darauf hingewiesen, daß gerade diese Kornfrucht sich daher zu Gefäßversuchen besonders eignet, da sie mit einem geringen Standraum, wodurch das Säen einer größeren Anzahl von Körnern ermöglicht wird, bei einigermaßen sicheren Ergebnissen eine verhältnismäßig kurze Vegetationszeit verbindet. Außerdem ist Hafer von den Sommergetreidesorten am wenigsten empfindlich. Bei der Saat wurde darauf geachtet, daß nur vollkommen gleichwertiges Material derselben Züchtung zur Einsaat gelangte. Als Saatgut wurde v. Lochows Gelbhafer (Originalsaat) benutzt. Die Körner wurden vor der Einsaat durch Eintauchen in 0,25 %ige Germisanlösung eine halbe Stunde gebeizt und an der Luft getrocknet.

Bis zum Auflaufen wurden die Gefäße mit den Untersätzen bedeckt. Dann wurden die jungen Pflanzen verzogen, d. h. durch Ausziehen, besonders der schwächeren Pflänzchen, wurde ihre Zahl auf je 35 Stück reduziert.

Nun wurde es notwendig, einen sehr wichtigen Wachstumsfaktor, das Wasser, während der ganzen Vegetations-

zeit konstant zu halten. Dieses wurde zunächst dadurch erreicht, daß durch tägliches Wiegen und Aufgießen das verbrauchte Wasser ersetzt wurde. Die Gefäße wurden anfangs auf 60 % der Wasserkapazität des Bodenmaterials gehalten. Die Tara der Gefäße war ja aufgezeichnet worden. Das Gewicht des Bodenmaterials sowie der Wassergehalt der verschiedenen Böden waren ebenfalls bekannt. So konnte man durch vorsichtiges Aufgießen von Wasser bis auf ein bestimmtes Gewicht die Gefäße leicht auf den gewünschten Wassergehalt bringen.

Vom Schossen ab wurden die Gefäße auf volle Wasserkapazität gebracht, d. h. solange begossen, bis etwas Wasser durch den Schlitz im Boden des Gefäßes in den Untersatz tropfte. Beim nächsten Aufgießen gelangten diese Wassermengen und mit ihnen die etwa gelösten Nährstoffe wieder auf den Boden. Das Begießen auf volle Wasserkapazität erfolgte täglich 2—3mal. Zum Begießen wurde während der ganzen Vegetationszeit nur destilliertes Wasser benutzt.

Gegen Ende der Vegetationszeit sank der Wasserbedarf. Einige Tage vor der Ernte konnte das Begießen völlig eingestellt werden.

Um die heranwachsenden Pflanzen vor dem Umbrechen und sonstigen Schäden zu schützen und um ihnen einen gewissen Halt zu gewähren, wurden bereits vor dem Schossen Drahtgestelle von verzinktem Draht auf die Gefäße aufgesetzt. Die Wirkung dieser ca. 80 cm hohen Drahtgestelle wurde durch Lindenbast, der in gewissen Abständen um sie herumgelegt wurde, unterstützt.

Da einige Gefäße von der Blattlaus befallen waren, wurden diese wiederholt mit Parasitol bespritzt und auf diese Weise vor merkbaren Schädigungen bewahrt.

Nachdem der Hafer reif war, wurde er geerntet, indem zunächst die Körner von den Halmen abgestreift und in Glasgefäße getan wurden, die dieselbe Nummer wie die Gefäße hatten. Das Stroh wurde in der Weise geerntet, daß es dicht über dem Boden mit einer Rosenschere abgeschnitten, gebündelt und in Blechkästen, die ebenfalls dieselbe Nummer wie die betreffenden Gefäße trugen, gebracht wurde. Körner und Stroh wurden darauf in geräumigen, großen Trocken-

schränken 15 Stunden bei 105° getrocknet und bis auf 0,1 gr genau gewogen.

Aus den Erträgen der Parallelgefäße wurden dann die Mittelerträge berechnet. Diesen Mittelerträgen ist in den am Schluß der Arbeit sich befindenden Tabellen eine Zahl mit positivem und negativem Vorzeichen beigefügt. Sie drückt die mittlere Schwankung[2]) aus, die sich nach der Formel

$$m = 1{,}2533 \cdot \frac{[\pm v]}{n\sqrt{n-1}}$$

berechnet.

In dieser Formel ist $[\pm v]$ die Summe der Abweichungen der Einzelerträge von dem arithmetischen Mittel der Parallelerträge, n bedeutet die Anzahl der Parallelgefäße.

Obige Ausführungen zeigen, daß alle Wachstumsfaktoren, außer der Differenzdüngung, nach bestem Vermögen konstant gehalten wurden. Ertragsänderungen sind also nur auf die Veränderung dieses einen Wachstumsfaktors zurückzuführen.

Untersuchungen über den Verlauf der Ertragskurve auf Grund der gegebenen Kalimengen.

Versuchsreihe I.

Steigende Kaligaben in Form von Kaliumsulfat.
Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: Hohenbockaer Glassand.

Als Bodenmaterial wurden 7000 gr Hohenbockaer Glassand benutzt. Die Reihe bestand aus 10 verschieden hohen Kaligaben. Das Kali wurde in Form von Kaliumsulfat gegeben. Die Grunddüngung bestand aus:

1,0 gr P_2O_5 als Superphosphatlösung,
1,2 „ N als Ammoniumnitrat,

---

2) Die Berechnung der mittleren Schwankung erfolgte nach der Angabe von H. Wiessmann, Ztschr. f. Pflanzenern. und Düngung. A. 2, 58 (1923).

1,0 „ Magnesiumsulfat,
0,5 „ Kochsalz,
1,5 „ kohlensaurem Kalk,
0,2 „ Eisensulfat.

Als Versuchspflanze diente Hafer. Die Einsaat erfolgte am 17. Mai 1929. Die Pflanzen liefen am 25.—27. Mai normal auf. Am 6. Juni wurde die Zahl der Pflanzen auf je 35 Stück verringert. Die Gefäße wurden bis zum 17. Juni auf 60 % der Wasserkapazität gehalten. Darauf wurden sie auf volle Wasserkapazität gebracht. Die Ernte erfolgte am 28.—30. August 1929. Die Einzelergebnisse sind aus der am Schluß der Arbeit befindlichen Tabelle I ersichtlich.

Die Erträge der Gefäße Nr. 2028 und 2029 blieben aus unbekannten Gründen hinter den Erträgen der anderen Gefäße zurück. Sie wurden daher bei der Berechnung des Mittelwertes nicht herangezogen.

Auf Grund der ermittelten Gesamterträge wurde der Wirkungsfaktor für Kali berechnet. Hierzu diente die von E. A. Mitscherlich aufgestellte Gleichung. Danach ist:

$$\log (A-y) = \log (A-y_0) - cx.$$

In dieser Gleichung bedeutet A den durch Kalidüngung erzielten Höchstertrag, y_0 den Ertrag ohne Kalidüngung, y den Ertrag bei einer Kalidüngung mit x gr K_2O und c den Wirkungsfaktor für Kali. Als A wurde der bei 2,0 gr K_2O erzielte Ertrag angenommen, also A = 122,3 gr. Für y_0 wurde 1,3 gr in die Gleichung eingesetzt.

Die unter Benutzung dieser Werte erhaltenen Ergebnisse sind in Übersicht 1 zusammengestellt.

Wie die nachfolgende Übersicht 1 zeigt, sind die aus den einzelnen Mittelerträgen berechneten c-Werte annähernd konstant. Von einer Berechnung der c-Werte bei höheren Kaligaben als 0,8 gr K_2O je Gefäß wurde abgesehen, da verhältnismäßig geringe Schwankungen in diesen Erträgen sich in der Höhe der Wirkungsfaktoren schon sehr stark ausprägen.

Übersicht 1.

$\log (122{,}3 - y) = \log (122{,}3 - 1{,}3) - c \cdot x$

Kaligabe je Gefäß gr K_2O	Mittlere Gesamterträge in Trockensubstanz gr	Wirkungsfaktoren c berechnet	Erträge y berechnet gr
0,00	1,3 ± 0,23	—	—
0,05	16,1 ± 1,10	1,13	16,7
0,10	25,5 ± 0,82	0,97	30,1
0,20	50,7 ± 3,29	1,14	52,0
0,30	72,3 ± 2,19	1,28	68,8
0,50	95,8 ± 2,26	1,32	91,2
0,80	109,5 ± 3,33	1,22	108,6
1,60	119,8 ± 1,61	—	120,7
2,00	122,3 ± 0,81	—	—
	Im Mittel :	c = 1,18	
		m = ± 0,053	

Steigende Kaligaben in Form von Kaliumsulfat.
Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: Hohenbockaer Glassand.

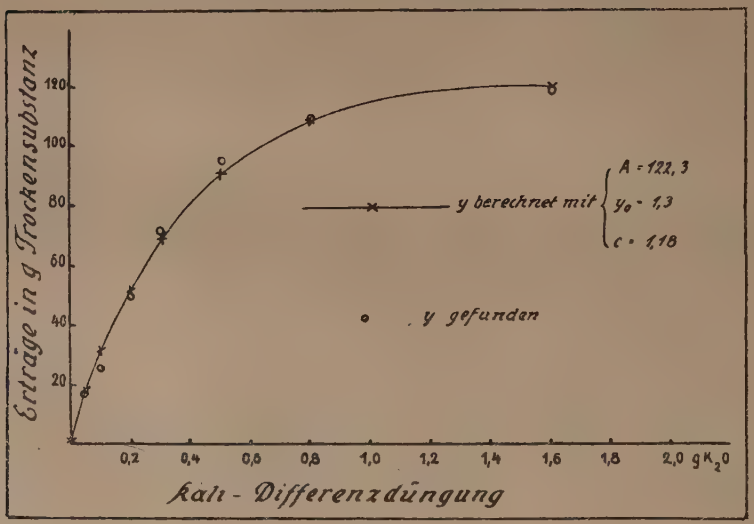

Abb. 1

Die mit dem gefundenen mittleren c-Wert berechneten Erträge stimmen mit den gefundenen Erträgen verhältnis-

mäßig gut überein. Demnach erfüllt obige Versuchsreihe angenähert die Mitscherlich'sche Gleichung.

Die Gleichung, nach welcher die Erträge der Versuchsreihe ansteigen, lautet:

$$\log (122{,}3 - y) = \log (122{,}3 - 1{,}3) - 1{,}18 \cdot x.$$

Der Übersicht halber sind die mittleren Gesamterträge auch graphisch dargestellt. Ihr Kurvenbild zeigt Abbildung 1.

Versuchsreihe II.

Steigende Kaligaben in Form von Kaliumsulfat.

Versuchspflanze: Hafer.

Bodenmaterial: 1500 gr Boden Kussewitz + 5500 gr Sand.

Als Bodenmaterial wurde eine Mischung von 1500 gr eines lehmigen Sandbodens vom Gute Kussewitz und 5500 gr Sand genommen.

Im übrigen waren die Versuchsbedingungen dieselben wie bei Versuchsreihe I.

Übersicht 2.

$$\log (122{,}8 - y) = \log (122{,}8 - 43{,}6) - c \cdot x$$

Kaligabe je Gefäß gr K_2O	Mittlere Gesamterträge in Trockensubstanz gr	Wirkungsfaktoren c berechnet	Erträge y berechnet gr
0,00	43,6 ± 0,86	—	—
0,10	59,9 ± 1,59	1,00	60,9
0,20	78,8 ± 2,26	1,24	74,5
0,30	88,0 ± 1,64	1,19	85,0
0,50	99,3 ± 2,85	1,05	99,7
0,80	107,5 ± 1,91	0,89	111,8
1,60	119,7 ± 2,60	—	121,3
2,00	121,0 ± 1,26	—	122,2
3,00	122,8 ± 3,02	—	—

Im Mittel : $c = 1{,}07$
$m = \pm 0{,}070$

Auch die Daten hinsichtlich des Säens, Verziehens und Erntens stimmen mit denen der Versuchsreihe I überein.

Die Einzelergebnisse dieser Versuchsreihe befinden sich in Tabelle II am Schluß der Arbeit.

In Übersicht 2 seien die mittleren Gesamterträge sowie die c- und y-Werte aufgeführt, zu deren Berechnung A = 122,8 und y_0 = 43,6 in die Mitscherlich'sche Gleichung eingesetzt wurden (siehe Übersicht 2).

Steigende Kaligaben in Form von Kaliumsulfat.
Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: Boden-Sandgemisch.

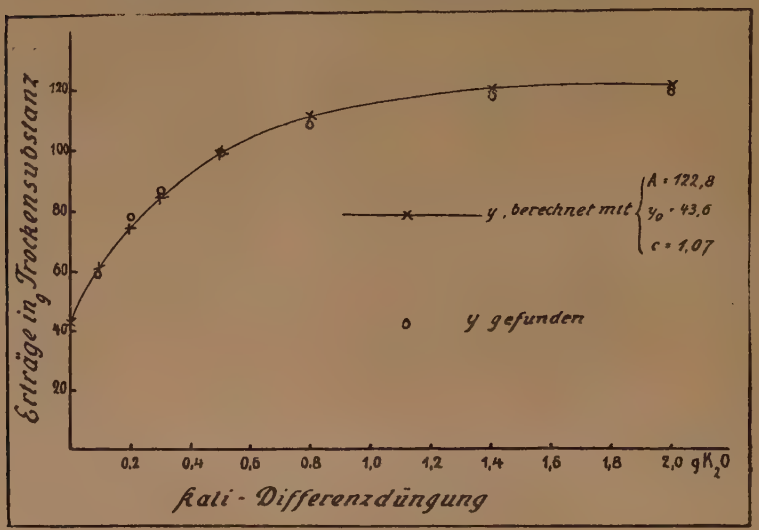

Abb. 2

Aus Übersicht 2 ist eine zufriedenstellende Konstanz der c-Werte ersichtlich. Auch bei dieser Reihe wurden die Wirkungsfaktoren wegen der aus geringen Ertragsschwankungen sich ergebenden großen Unterschiede der c-Werte nur bis zu einer Kaligabe von 0,8 gr K_2O je Gefäß berechnet.

Die berechneten Erträge steigen angenähert nach der Mitscherlich'schen Gleichung an, mit dem Wirkungsfaktor c = 1,07.

Der Wirkungsfaktor dieser Versuchsreihe ist etwas niedriger als der der vorhergehenden. Die Versuchsreihe II entspricht der Gleichung:

$$\log (122{,}8 - y) = \log (122{,}8 - 43{,}6) - 1{,}07 \cdot x.$$

Abbildung 2 zeigt die graphische Darstellung der mittleren Gesamterträge.

Versuchsreihe III.

Steigende Kaligaben in Form von Kaliumsulfat.
Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: 1500 gr Boden Lüsewitz + 5500 gr Sand.

Bei dieser Versuchsreihe diente als Bodenmaterial eine Mischung von 1500 gr eines mittelschweren Bodens vom Gute Lüsewitz und 5500 gr Hohenbockaer Glassand.

Übersicht 3.

$$\log (131{,}2 - y) = \log (131{,}2 - 63{,}1) - c \cdot x$$

Kaligabe je Gefäß gr K_2O	Mittlere Gesamterträge in Trockensubstanz gr	Wirkungsfaktoren c berechnet	Erträge y berechnet gr
0,00	63,1 ± 2,08	—	—
0,10	73,8 ± 0,85	0,74	74,9
0,20	82,4 ± 2,33	0,72	84,8
0,30	93,7 ± 1,77	0,86	92,9
0,50	108,6 ± 3,85	0,95	105,1
0,80	118,2 ± 2,00	0,89	116,5
1,60	125,1 ± 1,88	—	127,4
2,00	131,2 ± 1,73	—	—
3,00	129,5 ± 3,49	—	—

Im Mittel : $c = 0{,}83$
$m = \pm 0{,}051$

Auch hier waren die Versuchsbedingungen und Daten die gleichen wie bei Versuchsreihe I.

Bei dieser Versuchsreihe fiel auf, daß einige Pflanzen, wenn sie eine Höhe von ca. 15 cm erreicht hatten, Chlorophyllstauungen zeigten, die sich in mehr oder weniger breiten hellgelben, auch weißlichen Streifen oder Flecken an den Blättern bemerkbar machten. Im Laufe der Vegetationszeit verschwanden jedoch diese Entfärbungen, die übrigens auch noch an Pflanzen anderer Versuchsreihen beobachtet werden konnten.

Steigende Kaligaben in Form von Kaliumsulfat.
Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: Boden-Sandgemisch.

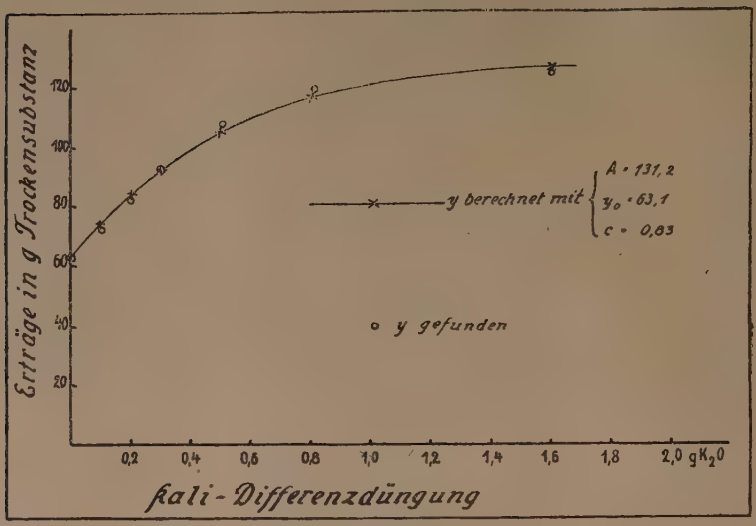

Abb. 3

Die Einzelergebnisse dieser Versuchsreihe sind aus der Tabelle III am Schluß der Arbeit zu ersehen, während Übersicht 3 die mittleren Gesamterträge sowie die c- und y-Werte zeigt.

Zur Berechnung der c- und y-Werte wurde in der Mitscherlich'schen Gleichung A = 131,2 und y_0 = 63,1 gesetzt.

Wie in den beiden vorhergehenden Reihen wurden die c-Werte auch hier aus bereits oben angegebenen Gründen nur bis zu einer Kaligabe von 0,8 gr K_2O je Gefäß berechnet.

Übersicht 3 zeigt eine gewisse Konstanz der berechneten c-Werte. Die mit Hilfe des mittleren c ermittelten Erträge passen sich den gefundenen Erträgen verhältnismäßig gut an. Die Versuchsreihe erfüllt demnach annähernd die Mitscherlich'sche Gleichung mit dem Wirkungsfaktor c = 0,83 und entspricht der Gleichung:

$$\log (131{,}2 - y) = \log (131{,}2 - 63{,}1) - 0{,}83 \cdot x.$$

Der Wirkungsfaktor dieser III. Versuchsreihe ist wiederum etwas niedriger als der der vorher besprochenen.

Zwecks besserer Übersicht zeigt Abb. 3 den Kurvenverlauf der Erträge dieser Versuchsreihe.

Vergleich der Wirkungsfaktoren für Kali auf Grund der gegebenen Kalimengen.

Nach obigen Versuchen verlaufen also die Ertragskurven bei steigenden Kaligaben logarithmisch nach der von E. A. Mitscherlich angegebenen Form, wonach ist:

$$\log (A-y) = \log (A-y_0) - c.x.$$

Die Gleichungskonstante c ist allerdings für die verschiedenen Versuchsreihen nicht ganz ein und dieselbe, wie die folgende Zusammenstellung noch einmal vor Augen führen mag.

Versuche aus dem Jahre 1929.

Versuchsreihe I	Sand	c = 1,18
„ II	Boden-Sand	c = 1,07
„ III	„	c = 0,83

Diese Ergebnisse decken sich mit jenen der Versuche, die H. Wiessmann zusammen mit K. Naumann[3]) in früheren Jahren unter ähnlichen Versuchsbedingungen mit Hafer ausgeführt hat. Auch hierbei wurde festgestellt, daß die Ertragskurven bei steigenden Kaligaben im Sinne der von E. A. Mitscherlich aufgestellten Gleichung verlaufen.

Als Wirkungsfaktoren wurden bei den Versuchen von H. Wiessmann und K. Naumann folgende Werte ermittelt:

Versuche aus den Jahren 1927—1928.

Versuchsreihe I	Sand	1,10
„ II	„	1,27
„ III	Boden-Sand	1,40
„ IV	Sand	1,35

3) H. Wiessmann u. K. Naumann, Landw. Jahrb. 72, 105 (1930).

Vergleicht man nunmehr die in den verschiedenen Jahren für Hafer ermittelten Wirkungsfaktoren, so ergeben sich Unterschiede zwischen c = 0,83 und c = 1,40.

Wenn H. Wiessmann und K. Naumann auf Grund ihrer zweijährigen Versuche noch zu dem Ergebnis gelangt sind, daß die in den Jahren 1927/28 unter gleichen Verhältnissen mit Hafer angestellten Versuche keine sehr verschiedenen Werte für den Wirkungsfaktor von Kali ergeben, so muß auf Grund obiger weiterer Untersuchungen eine Konstanz des Wirkungsfaktors für Kali doch in Frage gestellt werden.

E. A. Mitscherlich[4]) behauptet nun, daß Unterschiede im Wirkungsfaktor zwischen 1 und 3 sich praktisch nicht auswirken würden. Zur Prüfung dieser Behauptung wurden unter Annahme verschiedener Wirkungsfaktoren nach der Mitscherlichschen Gleichung die prozentualen Erträge ermittelt. Zu diesem Zwecke wurde A = 100 in die Mitscherlich'sche Gleichung eingesetzt. Diese lautet dann:

$$\log (100-y) = \log 100 - c.x,$$

wobei für c die verschiedenen Wirkungsfaktoren und für x die steigenden Kaligaben eingesetzt wurden (siehe Übersicht 4).

Übersicht 4.

Erträge in Prozenten bei Anwendung verschieden hoher Wirkungsfaktoren.

Kaligabe je Gefäß x gr K_2O	c = 0,83	c = 1,0	c = 1,07	c = 1,10	c = 1,18	c = 1,27	c = 1,35	c = 1,40	c = 3,0
0,10	17,4	20,5	21,9	22,3	23,8	25,4	26,8	27,5	49,8
0,20	31,8	36,9	39,0	39,7	42,0	44,3	46,2	47,5	74,8
0,30	43,7	49,8	52,3	53,2	55,8	58,4	60,7	61,9	87,4
0,50	61,6	68,3	70,9	71,8	74.2	76,9	78,9	80,0	96,8
0,80	78,4	84,1	86,1	86,8	88,7	90,4	91,7	92,4	99,6
1,60	95,3	97,5	98,1	98,3	98,4	99,1	99,3	99,4	—
2,00	97,9	—	99,3	99,4	99,6	99,7	99,8	99,8	—

4) Intern. Gesellschaft f. Bodenkunde, Verhdl. d. IV. Komm. Königsberg, S. 49 (1930).

Demnach drücken sich die Unterschiede in den Wirkungsfaktoren bei der Berechnung der prozentualen Erträge recht stark aus und natürlich umsomehr, je mehr die einzelnen c-Werte differieren.

Auf Grund der angestellten Berechnungen kann der Auffassung E. A. Mitscherlichs nicht zugestimmt werden; denn je nachdem man Wirkungsfaktoren von 1 oder 3 annimmt, schwanken die berechneten Prozentualerträge bei 0,1 gr K_2O zwischen 20,5 % und 49,8 %, bei 0,2 gr K_2O zwischen 36,9 und 74,8 % usw. Demgemäß würde man umgekehrt, je nachdem der eine oder der andere Wirkungsfaktor zugrunde gelegt wird, den verschiedenen Prozentualerträgen entsprechend auf das Vorhandensein verschiedener Mengen Kali im Boden schließen.

Ja, sogar geringere Schwankungen des Wirkungsfaktors wirken sich, wie Übersicht 4 zeigt, in der Berechnung der prozentualen Erträge noch ziemlich stark aus.

Man möge sich nun zur Konstanz des Wirkungsfaktors für Kali stellen wie man will, aus den in den Jahren 1927/29 ausgeführten Versuchen geht hervor, daß er unter dem von E. A. Mitscherlich angegebenen liegt. Nach E. A. Mitscherlich ist der Wirkungsfaktor für Kali je Gefäß bei Anwesenheit von Natriumsalz c = 2,99. Der in obigen Versuchen festgestellte höchste Wirkungsfaktor ist aber nur c = 1,40. H. Wiessmann[5]) hat bereits wiederholt auf den geringen Wert des Wirkungsfaktors für Kali hingewiesen.

Untersuchungen über den Verlauf der Ertragskurve auf Grund der aufgenommenen Kalimengen.

Um festzustellen, ob und wie sich der Wirkungsfaktor für Kali verändert, wenn in die Mitscherlichsche Gleichung statt der gegebenen Kalimengen die von den Pflanzen aus der gegebenen Düngung aufgenommenen eingesetzt wurden, wurde die Ernte der Versuchsreihen I—III in der Weise analysiert, daß Stroh und Korn, welches ja ge-

5) H. Wiessmann, Die landwirtschaftl. Versuchsstation. **107**, 275 (1928).

trennt geerntet war, auch getrennt auf ihren Kaligehalt untersucht wurden.

Zu diesem Zwecke wurde das Stroh von je 4 Parallelgefäßen einer Versuchsreihe gehäckselt, nachdem es vorher zwecks leichteren Schneidens etwa 3 Stunden bei 105° getrocknet war, da es seit der Ernte wieder ungefähr 8—10 % Wasser aufgenommen hatte. Hierauf wurde das gehäckselte Stroh von je 4 Gefäßen gründlich durchmischt. Alsdann wurde hiervon eine Probe genommen und gemahlen. Von dem gemahlenen Stroh wurden 2mal 5 gr auf einer technischen Präzisionswaage abgewogen, in gewogene Wägegläschen gefüllt und 3—4 Stunden bei 105° getrocknet. Nach dem Abkühlen im Exsikkator wurde das Stroh auf der chemischen Waage zurückgewogen und in Veraschungsschalen übergeführt. Auf diese Weise war das Gewicht der zur Analyse angewandten Trockensubstanz festgestellt.

Das Veraschen erfolgte über einem Pilzbrenner, dessen Temperatur vorsichtig bis zur kaum sichtbaren Rotglut des Schalenbodens gesteigert wurde. Während des Veraschens wurde das Stroh wiederholt mit einem am Ende knopfartig verdickten Glasstab niedergedrückt. Außerdem wurde der Veraschungsvorgang durch öfteres, behutsames Umrühren mit einem Platindraht gefördert. Während des Umrührens wurde die Veraschungsschale mit einem durchbohrten Uhrglas bedeckt, um ein Herausfliegen von Ascheteilchen zu verhindern. Zur Abscheidung der Kieselsäure wurde nach dem Veraschen die Rohasche mit 15 cm^3 heißem Wasser und darauf mit 10 cm^3 10 %iger Salzsäure übergossen. Dabei wurde die Veraschungsschale mit einem Uhrglas bedeckt, um ein infolge der teilweise lebhaften Kohlensäureentwicklung leicht mögliches Herausschleudern von Teilchen zu verhüten. Nach dem Aufhören der Kohlensäureentwicklung wurde das Uhrglas mit destilliertem Wasser abgespült; die in der Veraschungsschale befindliche Lösung wurde auf dem Wasserbade eingedampft. Der Rückstand wurde darauf ungefähr 2 Stunden lang bei 105° getrocknet; alsdann wurde er mit 10 Tropfen 10 %iger Salzsäure befeuchtet und mit 10 cm^3 heißem Wasser versetzt. Der Schaleninhalt wurde hierauf in ein 125 cm^3 fassendes Kölbchen übergeführt. Um die Schwefelsäure zu fällen, wurde alsdann der Inhalt des Kölbchens über dem Drahtnetz

zum Sieden erhitzt und vorsichtig, tropfenweise mit einer 10 %igen Chlorbariumlösung versetzt. Damit sich das Bariumsulfat absetzen konnte, wurde das Kölbchen auf ein kochendes Wasserbad gesetzt. Nachdem die Schwefelsäure vollständig ausgefällt war, wurde nach dem Abkühlen das Kölbchen auf 125 cm^3 mit destilliertem Wasser aufgefüllt. Alsdann wurde die Lösung durch ein Faltenfilter filtriert und 100 cm^3 des Filtrates in eine Kalischale pipettiert. Nach Zusatz von 2 cm^3 10 %iger Salzsäure und 5 cm^3 Überchlorsäure wurde die Lösung auf dem Wasserbade bis zur Sirupkonsistenz eingedampft; nach dem Abkühlen wurde der Rückstand mit ungefähr 15 cm^3 überchlorsäurehaltigem Alkohol übergossen und dann mit einem Pistill fein verrieben. Nach dem Absetzen des Kaliumperchlorates wurde die darüber stehende Flüssigkeit durch einen vorher bei 130° getrockneten und gewogenen Porzellantiegel filtriert. Der Rückstand wurde noch zweimal mit 96 %igem Alkohol, der in 100 Teilen 0,2 Teile Überchlorsäure enthielt, zerrieben. Dann wurde der Niederschlag mit dem in eine kleine Spritzflasche gebrachten überchlorsäurehaltigen Alkohol in den Tiegel übergeführt und im Tiegel mit der gleichen Waschflüssigkeit noch einmal ausgewaschen. Zuletzt wurde zur Verdrängung der Überchlorsäure mit einigen Kubikzentimetern 96 %igen Alkohols nachgewaschen. Das gesamte Filtrat betrug ungefähr 75 cm^3; größere Mengen Waschalkohol wurden vermieden, da sich sonst geringe Mengen Kaliumperchlorat wieder lösen könnten. Schließlich wurde der Tiegel mit Inhalt im Trockenschrank bei 130° bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, wozu in der Regel eine halbe Stunde genügte. Das Gewicht des Niederschlages wurde sodann mit 0,425 multipliziert, um die in der angewandten Substanzmenge enthaltene Menge an Kali (K_2O) zu erhalten. Die Zahl 0,425 wurde berechnet aus: $\frac{0{,}3399 \cdot 125}{100}$, wobei 0,3399 den Faktor für Kali bedeutet.

Beim Korn wurde analog wie beim Stroh verfahren.

Die durch die Analyse bestimmten Kalimengen wurden auf die gesamte Korn- und Strohmenge umgerechnet. Auf diese Weise wurde festgestellt, wieviel Kali insgesamt in der Pflanzensubstanz enthalten war. Nun entstammt aber die Kali-

menge zum Teil dem Saatkorn, zum Teil dem Bodenmaterial. Es wurde daher von der gefundenen Kalimenge diejenige Kalimenge abgezogen, welche in den ohne Kalidüngung belassenen Pflanzen enthalten war.

Die aus der Düngung aufgenommenen Kalimengen wurden in die Mitscherlichsche Gleichung für x eingesetzt und mit x' bezeichnet. Als Wirkungsfaktor wurden für c c' und als Ertrag statt y y' eingesetzt.

Versuchsreihe I.

Steigende Kaligaben in Form von Kaliumsulfat.
Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: Hohenbockaer Glassand.

In Übersicht 5 sind die Erträge der Versuchsreihe I und die jeweilig aufgenommenen Kalimengen angeführt, desgleichen sind hier die damit berechneten Wirkungsfaktoren (c') und Erträge (y') zusammengestellt.

Übersicht 5.

$$\log (122{,}3 - y') = \log (122{,}3 - 1{,}3) - c' \cdot x'$$

Gegebene Differenzdüngung x gr K_2O	Gesamterträge in Trockensubstanz gr	Von den Pflanzen aus der Kalidüngung aufgenommenes Kali x' gr K_2O	Wirkungsfaktoren c' berechnet aus x'	Erträge y' berechnet aus c'
0,05	16,1 ± 1,10	0,039	1,45	16,0
0,10	25,5 ± 0,82	0,079	1,22	29,2
0,20	50,7 ± 3,29	0,159	1,43	50,9
0,30	72,3 ± 2,19	0,240	1,59	67,7
0,50	95,8 ± 2,26	0,418	1,57	92,2
0,80	109,5 ± 3,33	0,641	1,52	107,9
1,60	119,8 ± 1,61	1,291	1,30	120,7
2,00	122,3 ± 0,81	1,335	—	—
3,00	113,6 ± 1,61	1,341	—	—

Im Mittel: $c' = 1{,}44$
$m = \pm 0{,}054$

Die berechneten und gefundenen Erträge sind außerdem in Abbildung 4 graphisch dargestellt.

Ertragskurve der Versuchsreihe I auf Grund der aufgenommenen Kalimengen.

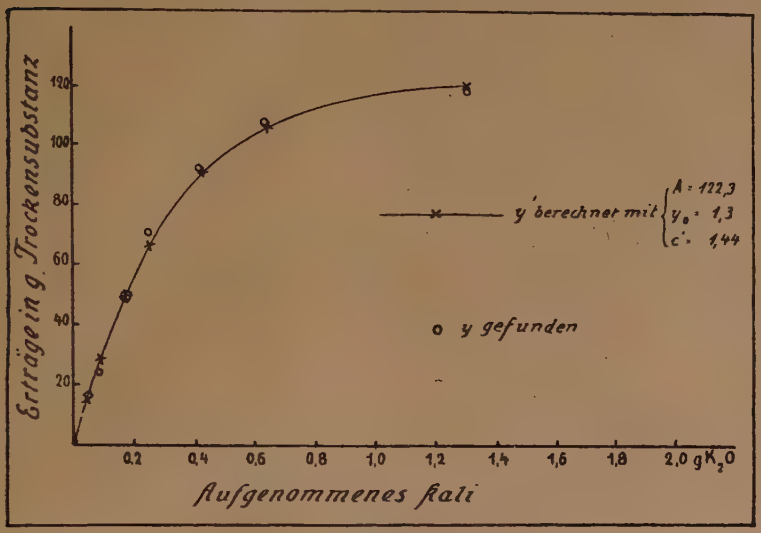

Abb. 4

Aus Übersicht 5 ist zu ersehen, daß die aus den mittleren Gesamterträgen berechneten Wirkungsfaktoren für Kali c' untereinander verhältnismäßig gut übereinstimmen.

Wie die Wirkungsfaktoren bei ihrer Berechnung aus den gegebenen höheren Kaligaben infolge ihrer starken Schwankung bei verhältnismäßig geringen Ertragsunterschieden nicht berücksichtigt waren, so wurden aus demselben Grunde die c'-Werte bei den aufgenommenen, höheren Kalimengen, in dieser Versuchsreihe bei x' = 1,335 und x' = 1,341 gr K_2O nicht berechnet.

Der mittlere Wirkungsfaktor liegt aber etwas höher als der aus den gegebenen Kalimengen berechnete.

Die mit c' berechneten Erträge y' zeigen mit den gefundenen Erträgen eine gute Übereinstimmung, was auch aus der graphischen Darstellung (Abb. 4) hervorgeht.

Die berechneten Erträge y' folgen der Gleichung:

$$\log (122{,}3 - y') = \log (122{,}3 - 1{,}3) - 1{,}44 \cdot x'.$$

Versuchsreihe II.

Steigende Kaligaben in Form von Kaliumsulfat.

Versuchspflanze: Hafer.

Bodenmaterial: 1500 gr Boden Kussewitz + 5500 gr Sand.

Wie in der eben besprochenen Versuchsreihe wurde auch in dieser verfahren. Stroh und Korn wurden wiederum getrennt analysiert und von dem in ihnen gefundenen Kali die Kalimenge in dem Gefäß ohne Kalidüngung abgezogen.

Die Analysenergebnisse dieser Versuchsreihe sind in Übersicht 6 dargestellt. Ebenso sind hier die mit x' berechneten Wirkungsfaktoren c' und ferner die Erträge y' aufgeführt.

Die aus den aufgenommenen Kalimengen dieser Versuchsreihe berechneten Wirkungsfaktoren zeigen eine weniger gute Übereinstimmung. Der mittlere Wirkungsfaktor beträgt $c' = 1{,}25$ und hat somit ebenfalls einen etwas höheren Wert als der aus den gegebenen Kalimengen berechnete derselben Versuchsreihe (siehe Übersicht 2).

Die mit Hilfe des mittleren Wirkungsfaktors berechneten Erträge y' stimmen mit den gefundenen Erträgen verhältnismäßig gut überein.

Übersicht 6.

$$\log (122{,}8 - y) = \log (122{,}8 - 43{,}6) - c' \cdot x'$$

Gegebene Differenzdüngung x gr K_2O	Gesamterträge in Trockensubstanz gr	Von den Pflanzen aus der Kalidüngung aufgenommenes Kali x' gr K_2O	Wirkungsfaktoren c' berechnet aus x'	Erträge y' berechnet aus c'
0,10	59,5 ± 1,59	0,082	1,22	60,3
0,20	78,0 ± 2,26	0,160	1,54	72,9
0,30	88,0 ∓ 1,64	0,244	1,46	83,6
0,50	99,3 ± 2,85	0,419	1,25	99,1
0,80	107,5 ± 1,91	0,618	1,15	109,5
1,60	119,7 ± 2,60	1,302	1,08	121,0
2,00	121,0 ± 1,26	1,524	1,07	121,9
3,00	122,8 ± 3,02	1,550	—	—

Im Mittel: $c' = 1{,}25$

$m = \pm 0{,}071$

Ertragskurve der Versuchsreihe II auf Grund der aufgenommenen Kalimengen.

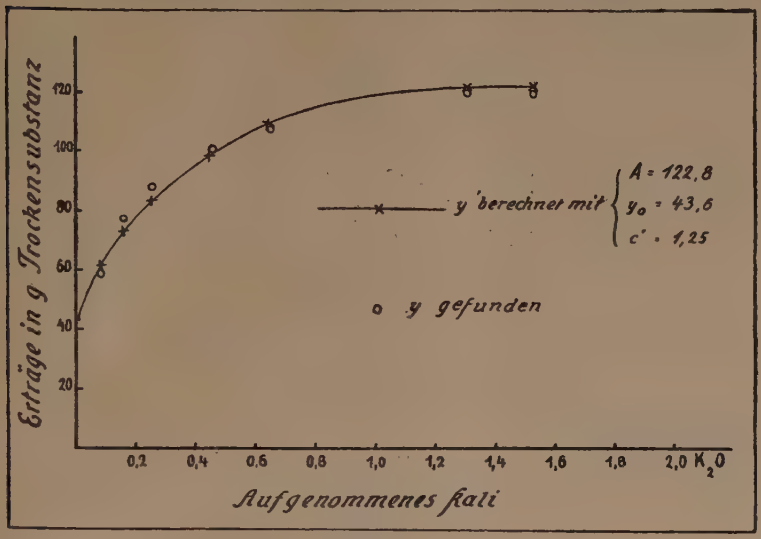

Abb. 5

Der besseren Übersicht wegen sind die gefundenen und berechneten Erträge in Abb. 5 graphisch dargestellt.

Den berechneten Erträgen y' liegt die Gleichung:

$$\log (122{,}8 - y') = \log (122{,}8 - 43{,}6) - 1{,}25 \cdot x'$$

zugrunde.

Versuchsreihe III.

Steigende Kaligaben in Form von Kaliumsulfat.

Versuchspflanze: Hafer.

Bodenmaterial: 1500 gr Boden Lüsewitz + 5500 gr Sand.

Auch in der nun zu besprechenden Versuchsreihe wurden Stroh und Korn wie in den beiden eben beschriebenen analysiert. Die hierbei festgestellten, aus der Kalidüngung aufgenommenen Kalimengen sind in Übersicht 7 angeführt. Gleichfalls sind aus dieser Übersicht die aus den durch die Analyse ermittelten Mengen Kali berechneten Wirkungsfak-

Übersicht 7.

$$\log (131{,}2 - y) = \log (131{,}2 - 63{,}1) - c' \cdot x'$$

Gegebene Differenzdüngung x gr K_2O	Gesamterträge in Trockenstubstanz gr	Von den Pflanzen aus der Kalidüngung aufgenommenes Kali x' gr K_2O	Wirkungsfaktoren c' berechnet aus x'	Erträge y' berechnet aus c'
0,10	73,8 ± 0,85	0,080	0,92	74,5
0,20	82,4 ± 2,33	0,158	0,91	83,7
0,30	93,7 ± 1,77	0,233	1,11	91,2
0,50	108,6 ± 3,85	0,422	1,13	105,2
0,80	118,2 ± 2,00	0,678	1,06	116,7
1,60	125,1 ± 1,88	1,305	0,80	127,8
2,00	131,2 ± 1,73	1,532	—	—
3,00	129,5 ± 3,49	1,573	—	—

Im Mittel: $c' = 0{,}99$

$m = \pm 0{,}062$

toren c' und ferner die mit dem mittleren Wirkungsfaktor berechneten Erträge y' zu ersehen.

Ertragskurve der Versuchsreihe III auf Grund der aufgenommenen Kalimengen.

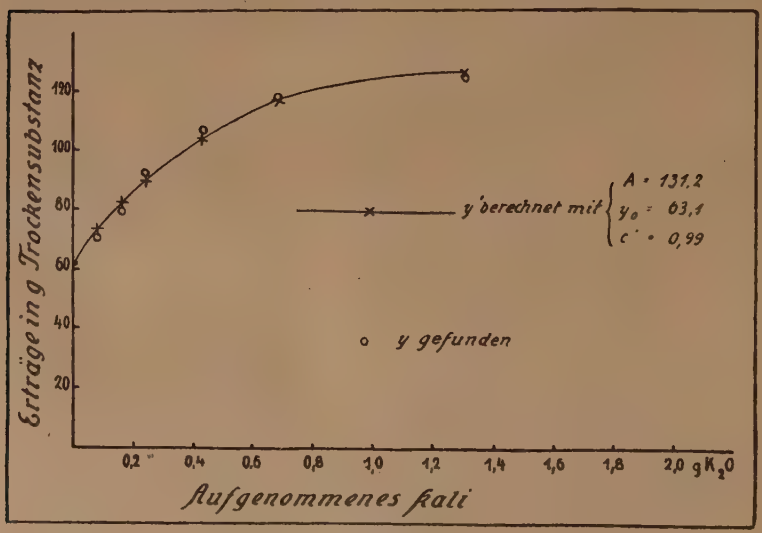

Abb. 6

Die aus Übersicht 7 ersichtlichen Wirkungsfaktoren c' sind leidlich konstant. Der mittlere Wirkungsfaktor c' ist gleich 0,99 und liegt um ein geringes höher als der aus der gegebenen Kalidüngung berechnete (siehe Übersicht 3).

Die Erträge y', die mit dem mittleren Wirkungsfaktor berechnet wurden, zeigen eine annähernd gute Übereinstimmung mit den gefundenen Erträgen y.

Abb. 6 zeigt das Kurvenbild der gefundenen und der mit c' errechneten Erträge.

Die Gleichung für die berechneten Erträge y' lautet:

$$\log (131{,}2 - y') = \log (131{,}2 - 63{,}1) - 0{,}99 \,.\, x'.$$

Vergleich der Wirkungsfaktoren für Kali, die auf Grund der gegebenen und aufgenommenen Kalimengen gefunden wurden.

In Übersicht 8 sind die aus den gegebenen Differenzdüngungen und die mit Hilfe der aus der Kalidüngung aufgenommenen Kalimengen berechneten Wirkungsfaktoren der drei Versuchsreihen zusammengestellt.

Übersicht 8.

	Versuchsreihe I	Versuchsreihe II	Versuchsreihe III	Mittel
Mittlerer Wirkungsfaktor c	1,19	1,07	0,83	1,03
Mittlerer Wirkungsfaktor c'	1,44	1,25	0,99	1,23
c' > c	0,25	0,18	0,16	0,20

Vergleicht man die aus den gegebenen Kalidüngungen berechneten Wirkungsfaktoren mit denjenigen, die aus den Analysenergebnissen ermittelt wurden, so ist eine verhältnismäßig gute Übereinstimmung festzustellen. Die größte

Schwankung zwischen den beiden Wirkungsfaktoren zeigt die Sandreihe (Versuchsreihe I) mit 0,25, während die Wirkungsfaktoren in den beiden Versuchsreihen II und III (Boden Kussewitz und Boden Lüsewitz) nur eine Differenz von 0,18 bzw. 0,16 aufweisen. Berechnet man bei den 3 Versuchsreihen einmal das Mittel der Wirkungsfaktoren aus den gegebenen Kalidüngungen, das andere Mal aus den durch die Analyse gefundenen Kalimengen, so stimmen diese Werte bei einer Differenz von 0,20 ebenfalls gut überein.

Somit kann abschließend gesagt werden, daß unter den angewandten Versuchsbedingungen der Wirkungsfaktor für Kali sich nur wenig verändert, wenn in die von E. A. Mitscherlich aufgestellte Gleichung statt der gegebenen Kalimengen die von den Pflanzen aufgenommenen Kalimengen eingesetzt werden.

Untersuchungen über den Verlauf der Ertragskurve auf Grund der gegebenen Kalimengen bei geringerer Grunddüngung.

Versuchsreihe IV.

Steigende Kaligaben in Form von Kaliumsulfat bei geringerer Grunddüngung.

Versuchspflanze: Hafer.

Bodenmaterial: Hohenbockaer Glassand.

Um feststellen zu können, welchen Einfluß die Veränderung der Grunddüngung auf die Erträge hat, wurde eine Versuchsreihe mit steigenden Kaligaben und geringerer Grunddüngung angesetzt.

Im besonderen war die Grunddüngung je Gefäß bei dieser Versuchsreihe folgende:

0,6 gr N als Ammoniumnitrat,
0,15 „ P_2O_5 als Superphosphatlösung,
0,5 „ Magnesiumsulfat,
0,25 „ Kochsalz,
1,5 „ kohlensaurer Kalk,
0,2 „ Eisensulfat.

Die Differenzdüngung bestand aus sieben verschieden hohen Kaligaben, die in Form von Kaliumsulfat gegeben wurden.

Zum Füllen der Gefäße wurden 7000 gr Hohenbockaer Glassand benutzt. Als Versuchspflanze diente Hafer.

Im übrigen waren die Versuchsbedingungen und die Daten des Säens, Erntens und der vollen Wasserkapazität die gleichen wie bei Versuchsreihe I.

Die Einzelergebnisse dieser Versuchsreihe befinden sich in Tabelle IV am Schluß der Arbeit.

Zu Anfang der Vegetationszeit fiel auf, daß die Pflanzen dieser Versuchsreihe, namentlich die mit den niedrigeren Kaligaben, schneller wuchsen und auch reichlicheren Blattansatz zeigten als die Pflanzen mit den entsprechenden Kaligaben der Versuchsreihe I.

Übersicht 9.

Differenzdüngung gr K_2O	0,00	0,05	0,10	0,20	0,80	1,60	2,00
Reihe I	1,3	16,1	25,5	50,7	109,5	119,8	122,3
Reihe IV	8,5	28,1	39,2	50,0	74,6	68,2	66,8

Übersicht 10.

$$\log (74{,}6 - y) = \log (74{,}6 - 8{,}5) - c \cdot x$$

Kaligabe je Gefäß gr K_2O	Mittlere Gesamterträge in Trockensubstanz gr	Wirkungsfaktoren c berechnet	Erträge y berechnet
0,00	8,5 ± 0,36	—	—
0,05	28,1 ± 0,62	3,05	25,8
0,10	39,2 ± 0,34	2,71	38,6
0,20	50,0 ± 0,47	2,15	55,0
0,80	74,6 ± 0,78	—	74,1
1,60	68,2 ± 1,00	—	—
2,00	66,0 ± 1,76	—	—

Im Mittel: $c = 2{,}64$

$m = \pm 0{,}286$

Im Laufe der Wachstumsperiode wurden dann aber die Pflanzen mit den mittleren und höheren Kaligaben von den entsprechenden Pflanzen der Versuchsreihe mit voller Grunddüngung (Versuchsreihe I) überholt, was aber für die Erträge bei den niedrigeren Kaligaben nicht zutraf.

Steigende Kaligaben in Form von Kaliumsulfat bei geringerer Grunddüngung.

Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: Hohenbockaer Glassand.

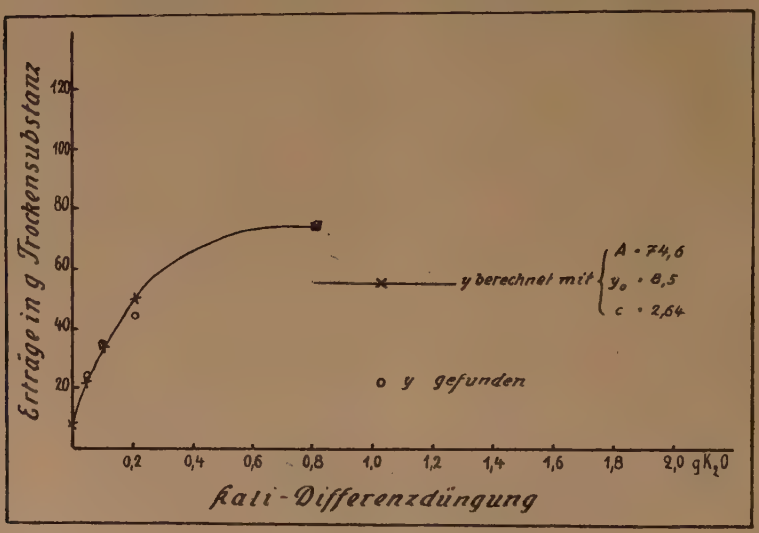

Abb. 7

In Übersicht 9 sind die mittleren Gesamterträge der Versuchsreihen I und IV der besseren Übersicht wegen zusammengestellt.

Aus dieser Übersicht geht hervor, daß die mittleren Gesamterträge der Versuchsreihe IV bis einschl. einer Kaligabe von 0,1 gr K_2O höher liegen als bei Versuchsreihe I. Besonders bei dem Gefäß ohne Kalidüngung bewirkte die geringere Grunddüngung einen weit höheren Ertrag als die volle Grunddüngung. Bei 0,2 gr K_2O sind die Erträge der beiden Reihen als gleich zu bezeichnen, während sich dann die volle

Grunddüngung der Reihe I bemerkbar macht und eine wesentliche Steigerung der Erträge, bei den höheren Gaben fast bis zur Verdoppelung, bewirkt.

Übersicht 9 zeigt demnach, daß bei den unteren Kaligaben die zu hohe Grunddüngung eine Hemmung des Wachstums und eine Verringerung der Erträge zur Folge hat.

In Übersicht 10 sind die mittleren Gesamterträge sowie die c- und y-Werte aufgeführt, zu deren Berechnung $A = 74{,}6$ und $y_0 = 8{,}5$ in die Mitscherlichsche Gleichung eingesetzt wurden.

Abbildung 7 zeigt die Kurve der berechneten und der gefundenen Erträge.

Wie aus der Übersicht 10 zu ersehen ist, zeigen die aus den erzielten Mittelerträgen berechneten Wirkungsfaktoren keine Konstanz. Trotzdem stimmen die mit dem mittleren c-Wert berechneten Erträge mit den gefundenen nicht schlecht überein. Die Erträge wurden berechnet nach der Gleichung:

$$\log (74{,}6 - y) = \log (74{,}6 - 8{,}5) - 2{,}64 \cdot x.$$

Wie man sich auch zum Wirkungsfaktor bei geringerer Grunddüngung stellen mag, das geht jedenfalls aus obigen Versuchen hervor, daß er höher liegt als bei der sog. vollen Grunddüngung. Die Differenz der beiden im Mittel gefundenen Wirkungsfaktoren beträgt 1,28, eine Schwankung, die sich stark bemerkbar macht, wie schon aus den Ausführungen auf S. 24 hervorgeht.

Es wurden nun noch die bei der sogenannten vollen Grunddüngung als auch die bei der geringeren Grunddüngung erzielten Erträge in Prozenten des jeweils gefundenen Höchstertrages berechnet.

Nach E. A. Mitscherlich soll bei gleichem Gehalt an einem Nährstoff prozentual der gleiche Ertrag vom Höchstertrag geerntet werden, wie auch immer die übrigen Bedingungen sein mögen. Dieses ist bei obigen Versuchen nicht der Fall, wie die folgende Zusammenstellung (Übersicht 11) zeigt.

Übersicht 11.

Kaligabe je Gefäß x gr K_2O	Erträge in Prozenten vom Höchstertrag	
	bei voller Grunddüngung	bei geringerer Grunddüngung
0,00	1,06	11,39
0,05	13,15	37,66
0,10	20,83	52,54
0,20	41,45	67,02
0,80	89,53	—
1,60	97,95	—
2,00	—	—

Aus den Zahlenwerten ist ohne weiteres ersichtlich, daß infolge der bei verschiedenen Wachstumsbedingungen sich einstellenden Inkonstanz des Wirkungsfaktors die prozentualen Erträge keine Rückschlüsse auf den Kaligehalt zulassen.

Es wurde oben bereits darauf hingewiesen, daß bei der geringeren Grunddüngung die niedrigeren Kaligaben höhere Erträge erbrachten als die gleich hohen Kaligaben bei der sogenannten vollen Grunddüngung. Danach hat die volle Grunddüngung bei den niedrigeren Kaligaben schädigend gewirkt. In Hinsicht darauf soll nunmehr geprüft werden, wie der Verlauf der Ertragskurve bei der sog. vollen Grunddüngung (Versuchsreihe I) sich gestaltet, wenn man die Erträge benutzt, welche bei den niedrigen Kaligaben der geringeren Grunddüngung erzielt wurden. Zu diesem Zwecke seien in die Versuchsreihe I für die bei 0,00, 0,05 und 0,10 gr K_2O je Gefäß erhaltenen Erträge die Werte 8,5 gr, 28,1 gr und 39,2 gr eingesetzt. Die daraus berechneten Ergebnisse befinden sich in Übersicht 12.

Wie die Zahlen dieser Übersicht zeigen, wird durch Einsetzung der höheren Erträge bei den niedrigen Kaligaben die Konstanz des für Kali berechneten Wirkungsfaktors ungünstig beeinflußt. Im Mittel ergibt sich allerdings ein Wirkungsfaktor in Höhe von 1,27 $\pm$ 0,086, der sich von dem in Versuchsreihe I gefundenen nicht wesentlich unterscheidet. Die durch die sog. volle Grunddüngung bei den geringen Kaligaben verursachte deutliche Schädigung der Erträge prägte sich daher im Mittel der Wirkungsfaktoren nicht sehr stark aus. Berechnet man mit dem Wirkungsfaktor 1,27 die Erträge,

so ergibt sich auch eine ungefähre Übereinstimmung der berechneten und gefundenen Erträge. Das zeigt, daß die von Mitscherlich angegebene Gleichung nicht spezifisch genug ist, sondern innerhalb weiter Grenzen Gültigkeit besitzt.

Übersicht 12.

$$\log (122{,}3 - y) = \log (122{,}3 - 8{,}5) - c \cdot x$$

Kaligabe je Gefäß x gr K_2O	Mittlere Gesamterträge in Trockensubstanz gr	Wirkungsfaktoren c berechnet	Erträge y berechnet
0,00	8,5 ± 0,36	—	—
0,05	28,1 ± 0,62	1,64	24,0
0,10	39,2 ± 0,34	1,37	37,4
0,20	50,7 ± 3,29	0,99	58,9
0,30	72,3 ± 2,19	1,19	75,0
0,50	95,8 ± 2,26	1,26	95,9
0,80	109,5 ± 3,33	1,18	111,3
1,60	119,8 ± 1,61	—	—
2,00	122,3 ± 0,81	—	—

Im Mittel: c = 1,27
m = ± 0,086

Bestimmung des Gehaltes an aufnehmbarem Kali in verschiedenen Böden.

A. Bei Anwendung von 1500 gr Boden je Gefäß.

Bei der Bestimmung des Kaligehaltes der Böden nach E. A. Mitscherlich werden 2 Annahmen gemacht, und zwar erstens, daß die Ertragskurve logarithmisch nach einer bestimmten Gleichung verläuft, und zweitens, daß der Faktor c dieser Gleichung immer konstant ist, wie auch die übrigen Wachstumsbedingungen sein mögen, und zwar soll er nach Mitscherlich c = 2,99 je Gefäß betragen. Ist nun der auf einem Boden ohne Kalidüngung erzielte Ertrag sowie der durch Kalidüngung überhaupt erzielbare Höchstertrag bekannt, so kann man nach Mitscherlich den Gehalt des Bodens an aufnehmbarem Kali berechnen.

Es seien nun im folgenden die Mengen an assimilierbarem Kali in 6 verschiedenen Böden nach dem Verfahren

von E. A. Mitscherlich ermittelt. Zu diesem Zwecke wurden je 1500 gr des zu prüfenden Bodens mit 5500 gr Sand vermischt. Je 4 bzw. 3 Parallelgefäße erhielten nur die Grunddüngung und 4 bzw. 3 weitere Gefäße wurden außerdem noch mit 1,6 gr K_2O je Gefäß in Form von Kaliumsulfat gedüngt. Der bei der Düngung mit 1,6 gr K_2O erhaltene Ertrag wurde als der unter den gegebenen Bedingungen mit Kali überhaupt erzielbare Höchstertrag betrachtet. Durch die obigen Versuche mit steigenden Kaligaben hat sich ja gezeigt, daß der Höchstertrag praktisch bei 1,6 gr K_2O je Gefäß erreicht ist. Die in dem einen oder anderen Falle noch durch höhere Kalidüngung erzielte Ertragssteigerung war nur sehr gering und liegt innerhalb der Fehlergrenze.

Die Einzelergebnisse dieser Versuche sind aus den am Schluß der Arbeit befindlichen Tabellen II und III (Böden Kussewitz und Lüsewitz) und aus der Tabelle V (Böden Klein-Wokern, Pribbenow; Böden Neu-Bauhof, Perlin) zu ersehen. Auf Grund obiger Versuchsergebnisse sind nach der Mitscherlich'schen Ertragstafel in den 6 untersuchten Böden die in der Übersicht 13 angegebenen Kalimengen enthalten.

Übersicht 13.

Kaligehalt
in sechs Böden nach E. A. Mitscherlich.
(Wirkungsfaktor für das Gefäß = 2,99.)

Boden-Herkunft	Erträge ohne Kali in Prozent des mit Kali erzielbaren Höchstertrages	Gehalt des Bodens an pflanzenaufnehmbarem Kali in kg/ha K_2O
Kussewitz	36,42	168,8
Lüsewitz	50,43	262,4
Klein-Wokern	45,65	228,0
Pribbenow	38,28	180,0
Neu-Bauhof	65,83	400,8
Perlin	37,69	176,8

Nun ist aber die Berechnung des Kaligehaltes nach E. A. Mitscherlich nur dann berechtigt, wenn die Erträge bei zunehmenden Kaligaben in Form der von Mit-

scherlich angegebenen logarithmischen Kurve mit der Gleichungskonstanten c = 2,99 (je Gefäß) ansteigen. Die Richtigkeit dieser Grundlagen, worauf Mitscherlich seine Methode aufbaut, wird allerdings angezweifelt.

Übersicht 14.

Kaligehalt
von sechs Böden nach E. A. Mitscherlich.
(Wirkungsfaktor für das Gefäß = 0,95.)

Kaligabe je Gefäß gr K_2O	Mittlere Gesamterträge je Gefäß in Trockensubstanz gr	Gehalt an aufnehmbarem Kali	
		in 1500 gr Boden	in kg/ha
	Boden Kussewitz		
0,00	43,6 ± 0,83		
1,60	119,7 ± 2,60	0,207	414
(3,00)	(122,8 ± 3,02)	(0,200)	(400)
	Boden Lüsewitz		
0,00	63,1 ± 2,08		
1,60	125,1 ± 1,88	0,321	642
(2,00)	(131,2 ± 1,73)	(0,300)	(600)
	Boden Klein-Wokern		
0,00	56,7 ± 1,95		
1,60	124,2 ± 1,98	0,279	558
	Boden Pribbenow		
0,00	46,1 ± 0,69		
1,60	120,4 ± 2,99	0,219	438
	Boden Neu-Bauhof		
0,00	81,5 ± 2,46		
1,60	123,8 ± 2,33	0,491	982
	Boden Perlin		
0,00	43,5 ± 2,89		
1,60	115,4 ± 2,61	0,216	432

Nun haben aber doch obige Versuche, sowie die Versuche von H. Wiessmann und K. Naumann gezeigt, daß unter bestimmten Bedingungen der Verlauf der Ertragskurve

ein annähernd logarithmischer ist. Es wurde deshalb zur Berechnung des Kaligehaltes der Böden die Mitscherlich'sche logarithmische Gleichung in Anwendung gebracht. Als Gleichungskonstante wurde jedoch nicht die von Mitscherlich angegebene benutzt, sondern jene, welche wir bei zwei unter denselben Bedingungen ausgeführten Versuchsreihen mit Böden (Kussewitz, Lüsewitz) gefunden haben. Bei der Übertragung des bei zwei Böden erhaltenen Wertes für den Wirkungsfaktor auf andere Böden wird allerdings die Annahme gemacht, daß verschiedene Bodensorten unter sonst gleichen Bedingungen den gleichen Wirkungsfaktor ergeben. Es ergaben sich die in Übersicht 14 aufgeführten Werte.

Übersicht 15.

Boden	Gleichung	x
Kussewitz	log (119,7 — 43,6) = log 119,7 — 0,95 · x	x = 0,207
„	log (122,8 — 43,6) = log 122,8 — 0,95 · x	x = 0,200
Lüsewitz	log (125,1 — 63,1) = log 125,1 — 0,95 · x	x = 0,321
„	log (131,2 — 63,1) = log 131,2 — 0,95 · x	x = 0,300
Klein-Wokern	log (124,2 — 56,7) = log 124,2 — 0,95 · x	x = 0,279
Pribbenow	log (120,4 — 46,1) = log 120,4 — 0,95 · x	x = 0,219
Neu-Bauhof	log (123,8 — 81,5) = log 123,8 — 0,95 · x	x = 0,491
Perlin	log (115,4 — 43,5) = log 115,4 — 0,95 · x	x = 0,216

Die Gleichungen, aus denen sich die Kaligehalte dieser Böden ergeben, sind in Übersicht 15 zusammengestellt.

Bei obigen Versuchen war praktisch bei einer Kalidüngung in Höhe von 1,6 gr K_2O je Gefäß der Höchstertrag erreicht; daher wurde bei den vier Böden Klein-Wokern, Pribbenow, Neu-Bauhof und Perlin zur Erhaltung des mit Kali überhaupt erzielbaren Höchstertrages je Gefäß 1,6 gr K_2O gegeben.

Bei den Böden Kussewitz und Lüsewitz, bei welchen die ganzen Ertragskurven aufgestellt wurden, wurden zwar bei 3,0 gr K_2O bzw. 2,0 gr K_2O je Gefäß noch geringe Ertragssteigerungen erhalten. Die durch höhere Gaben als 1,6 gr K_2O je Gefäß erzielten Erträge liegen jedoch innerhalb der Fehlergrenze gegenüber den Erträgen bei 1,6 gr K_2O, so daß

gerade die Versuche mit den Böden Kussewitz und Lüsewitz zeigen, daß praktisch der Höchstertrag in den Gefäßen bei einer Düngung mit 1,6 gr K_2O erreicht ist. Nichtsdesto-

Übersicht 16.

Boden-Herkunft	Kaligehalt des Bodens, berechnet mit dem Wirkungsfaktor	
	nach Mitscherlich (c = 2,99)	nach eigenen Versuchen (c = 0,95)
Kussewitz	168,8	414
Lüsewitz	262,4	642
Kl. Wokern	228,0	558
Pribbenow	180,0	438
Neu-Bauhof	400,8	982
Perlin	176,8	432

weniger wurden außer den bei 1,6 gr K_2O erreichten auch die bei 3,0 bzw. 2,0 gr K_2O erhaltenen Höchsterträge der Böden Kussewitz und Lüsewitz der Berechnung zugrunde gelegt; die

Graphische Ermittelung des Kaligehaltes im Boden Kussewitz.

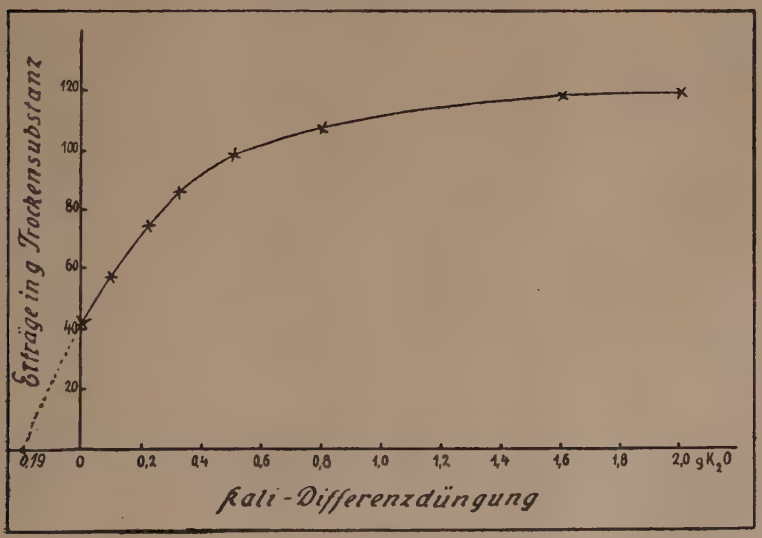

Abb 8

beiden letzteren Werte sind in Übersicht 14 eingeklammert angegeben; wie aber zu erwarten war, wirken sich die etwas höheren Erträge bei der Berechnung kaum aus.

Vergleicht man nun die mit dem Mitscherlich'schen Wirkungsfaktor berechneten Kaligehalte mit jenen Werten, die unter Benutzung des aus obigen Versuchen ermittelten

Graphische Ermittelung des Kaligehaltes im Boden Lüsewitz.

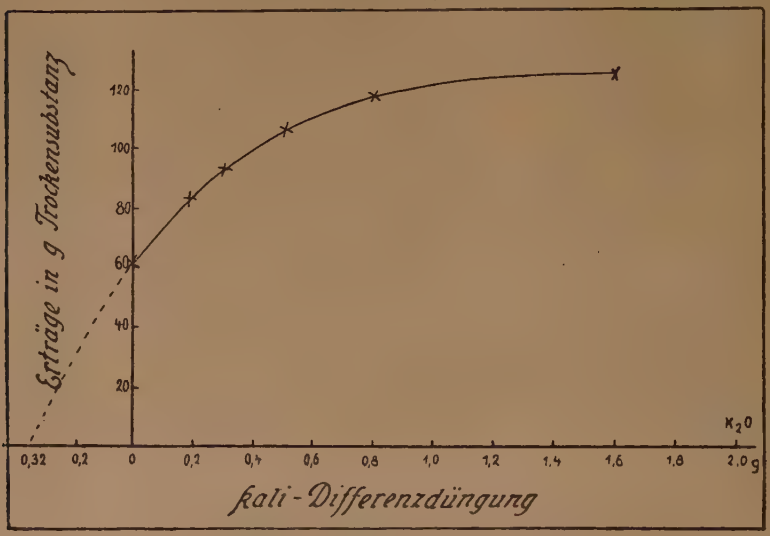

Abb 9

Wirkungsfaktors erhalten wurden, so ergeben sich, wie die Übersicht 16 zeigt, große Unterschiede, wieder ein Beweis dafür, daß es praktisch nicht gleichgültig ist, ob der Wirkungsfaktor 3 oder 1 beträgt, wie Mitscherlich behauptet.

Da vom Boden Kussewitz und ebenso von dem Boden Lüsewitz Versuchsreihen mit steigenden Kaligaben angesetzt waren, so konnte bei diesen Böden der Kaligehalt auch graphisch aus der empirisch gefundenen Ertragskurve ermittelt werden. Die graphische Darstellung des Bodens Kussewitz (siehe Abbildung 8) ergab einen Kaligehalt von 0,19 gr K_2O, also ungefähr denselben Wert, der erhalten wurde, wenn als Wirkungsfaktor der Wert c = 0,95 zugrunde gelegt war.

Die graphische Ermittelung des Kaliwertes beim Boden Lüsewitz ergab den Wert von 0,32 gr K_2O (siehe Abb. 9), somit den gleichen Wert wie der mit c = 0,95 berechnete. Die Übereinstimmung der berechneten und graphisch ermittelten Kaligehalte ist eine Folge des gesetzmäßigen Verlaufes der beiden Kurven bei annähernd gleichem Wirkungsfaktor.

Weitere Versuche sollen nun zeigen, ob der Wirkungsfaktor für Kali in verschiedenen Jahren bei verschiedenen Böden den gleichen Wert besitzt, wenn die übrigen Wachstumsbedingungen die gleichen sind. Diese Versuche werden im laufenden Jahre ausgeführt werden.

Bestimmung des Gehaltes an aufnehmbarem Kali in verschiedenen Böden.

B. Bei Anwendung von 3000 gr Boden je Gefäß.

Schon oben wurden Zweifel zum Ausdruck gebracht, ob der Wirkungsfaktor von Kali auch unter veränderten Bedingungen den gleichen Wert besitzt. Es fragt sich deshalb auch, ob bei Anwendung von verschieden großen Bodenmengen je Gefäß der gleiche Wirkungsfaktor c gilt. Ist das der Fall, so muß umgekehrt die Berechnung bei Benutzung des gleichen Wirkungsfaktors einen der angewandten Bodenmenge entsprechenden Kaligehalt geben. Um diese Frage zu prüfen, wurden von drei Böden (Kussewitz, Lüsewitz und Perlin) neben 1500 gr Boden je Gefäß auch 3000 gr je Gefäß verwandt und mit Glassand auf das Gewicht von 7000 gr gebracht. Die Gefäße wurden im übrigen ganz gleich behandelt, insbesondere mit der gleichen Düngung vermengt und mit Hafer gleichzeitig bepflanzt.

Es wurden je Boden 16 Gefäße angesetzt, und zwar 8 Gefäße mit 1500 gr und 8 Gefäße mit 3000 gr Boden. Von den 8 Gefäßen erhielten je 4 eine Volldüngung (KPN); die weiteren vier blieben ohne Kalidüngung, erhielten also nur Phosphorsäure und Stickstoff (PN).

Es wurde nun auf Grund der Erträge, welche mit 3000 gr Boden erhalten waren, in der üblichen Weise die Mengen an aufnehmbarem Kali berechnet; als Wirkungsfaktor c wurde c = 0,95 genommen, also jener Wert, der in

den Versuchsreihen mit 1500 gr Boden erhalten worden war. Die sich ergebenden Werte sind aus Übersicht 17 ersichtlich.

Übersicht 17.

Kaligabe je Gefäß gr K_2O	Mittlere Gesamterträge in Trockensubstanz gr	Gehalt an aufnehmbarem Kali in 3000 gr Boden berechnet
	Boden Kussewitz	
0,00	74,6 ± 1,95	0,445
1,60	119,9 ± 3,04	
	Boden Lüsewitz	
0,00	101,8 ± 2,55	0,756
1,60	125,9 ± 0,81	
	Boden Perlin	
0,00	73,2 ± 3,51	0,394
1,60	126,7 ± 3,02	

Die einzelnen Erträge je Gefäß sind in der Tabelle VI am Schlusse der Arbeit angegeben.

In Übersicht 18 sind die Gleichungen zusammengestellt, mit deren Hilfe die Kaligehalte berechnet wurden.

Übersicht 18.

Boden-Herkunft	Gleichung	x
Kussewitz	$\log (119{,}9 - 74{,}6) = \log 119{,}9 - 0{,}95 \cdot x$	$x = 0{,}445$
Lüsewitz	$\log (125{,}9 - 101{,}8) = \log 125{,}9 - 0{,}95 \cdot x$	$x = 0{,}756$
Perlin	$\log (126{,}7 - 73{,}2) = \log 126{,}7 - 0{,}95 \cdot x$	$x = 0{,}394$

Vergleicht man die Kaligehalte, welche bei Anwendung von 1500 gr und 3000 gr Boden je Gefäß auf Grund der Ertragszahlen berechnet wurden, so ergibt sich in der Tat der ungefähr doppelte Ertrag (siehe Übersicht 19). Nur bei dem Boden Lüsewitz wurde bei Anwendung von 3000 gr Boden ein etwas höherer Kaligehalt festgestellt als bei Anwendung von 1500 gr Boden.

Übersicht 19.

Boden-Herkunft	Gehalt an aufnehmbarem Kali in 1500 gr Boden berechnet	Gehalt an aufnehmbarem Kali in 3000 gr Boden berechnet
Kussewitz	0,207	0,445
Lüsewitz	0,321	0,756
Perlin	0,216	0,394

Demnach kann man versucht sein anzunehmen, daß der Wirkungsfaktor für Kali im Gefäß bei Anwendung verschiedener Bodenmengen der gleiche ist; jedoch sind weitere Versuche hierüber noch auszuführen.

Zusammenfassung der Ergebnisse über die Versuche mit Kali.

A. Es wurden Gefäßversuche mit steigenden Kaligaben und der üblichen Grunddüngung (sog. volle Grunddüngung) ausgeführt. Als Versuchspflanze diente Hafer. Als Bodenmaterial wurde bei einer Versuchsreihe Sand, bei zwei weiteren ein Gemisch aus Boden und Glassand verwandt. Die Ergebnisse dieser Versuche waren folgende:

1. Der Verlauf der Ertragskurve bei Zugrundelegung der gegebenen Kalimengen war unter den angewandten Versuchsbedingungen innerhalb der Versuchsfelder eine logarithmische Funktion von der von E. A. Mitscherlich angegebenen Form, wonach ist:

$$\log (A - y) = \log (A - y_0) - c.x.$$

Die Gleichungskonstante c war allerdings bei den verschiedenen Versuchen nicht ganz ein und dieselbe. Die Ergebnisse decken sich mit denen der Versuche, die H. Wiessmann und K. Naumann in früheren Jahren angestellt haben. Auch diese beiden Verfasser stellten fest, daß die Ertragskurven bei steigenden Kaligaben im Sinne der von E. A. Mitscherlich aufgestellten Gleichung verlaufen.

Ferner gelangten auch H. Wiessmann und K. Naumann auf Grund ihrer zweijährigen Versuche zu dem Ergebnis, daß die in den Jahren 1927—1928 unter gleichen Verhältnissen mit Hafer angestellten Versuche keine sehr ver-

schiedenen Werte für den Wirkungsfaktor von Kali liefern. Vergleicht man jedoch die von H. Wiessmann und K. Naumann berechneten Wirkungsfaktoren für Kali mit den in obigen Versuchen erhaltenen, so muß man doch eine Konstanz des Wirkungsfaktors für Kali in Frage stellen.

2. Wie man sich auch zur Konstanz des Wirkungsfaktors für Kali stellen mag, sowohl auf Grund obiger Versuche als auch der Versuche von H. Wiessmann und K. Naumann, soviel steht fest, daß der Wirkungsfaktor für Kali bedeutend niedriger liegt als Mitscherlich angibt.

3. Es wurde durch Berechnung gezeigt, ob und in welchem Maße sich verschieden hohe c-Werte auf die Höhe der Prozentualerträge auswirken. Dabei konnte nachgewiesen werden, daß Schwankungen zwischen 1 und 3 durchaus nicht ohne Einfluß sind, wie E. A. Mitscherlich behauptet.

4. Der Verlauf der Ertragskurve bei steigenden Kaligaben war unter den angewandten Versuchsbedingungen bei Zugrundelegung der aufgenommenen Kalimengen innerhalb der Versuchsfehler ein logarithmischer von der von E. A. Mitscherlich aufgestellten Gleichung.

5. Vergleicht man die Wirkungsfaktoren der einzelnen Versuchsreihen miteinander, die einmal aus den gegebenen Kalimengen, das andere Mal aus den aufgenommenen Kalimengen berechnet wurden, so besteht kein großer Unterschied zwischen beiden; nur ist der aus den aufgenommenen Kalimengen berechnete Wirkungsfaktor durchweg etwas höher.

B. Außer den oben (A) genannten Versuchsreihen wurde auch eine Versuchsreihe mit steigenden Kaligaben und geringerer Grunddüngung angesetzt. Als Versuchspflanze diente ebenfalls Hafer, als Bodenmaterial Glassand. Es wurden hierbei folgende Ergebnisse erzielt:

8. Bei dem Versuch mit geringerer Grunddüngung ließ die Konstanz des Wirkungsfaktors für Kali zu wünschen übrig, so daß der logarithmische Verlauf der Ertragskurve in Frage gestellt ist.

9. Wie man auch zum Wirkungsfaktor für Kali bei geringerer Grunddüngung stehen mag, so viel geht jedenfalls aus obigen Versuchen hervor, daß er höher liegt als bei der sogenannten vollen Grunddüngung. Es erscheint demnach die

Annahme Mitscherlichs zweifelhaft, wonach der Wirkungsfaktor für Kali ein einheitlicher sein soll.

10. Bei der geringeren Grunddüngung erbrachten die niedrigen Kaligaben höhere Erträge als die gleichen Kaligaben bei der sog. vollen Grunddüngung. Danach hat die volle Grunddüngung bei den niedrigen Kaligaben schädigend gewirkt. Man kann deshalb versucht sein anzunehmen, daß die logarithmische Gleichung nur bedingt erfüllt ist. Zur Klärung dieser Frage sind jedoch noch weitere Versuche erforderlich.

C. Es wurde bei 6 Böden der Gehalt an aufnehmbarem Kali nach dem Mitscherlich-Verfahren bestimmt, und zwar unter Bedingungen, unter welchen auf Grund oben angestellter Versuche der Verlauf der Ertragskurve logarithmisch ist. Als Wirkungsfaktor wurde ein Wert benutzt. der sich im Mittel zweier Versuchsreihen ergeben hat. Dabei wurde allerdings die Annahme gemacht, daß verschiedene Bodensorten unter sonst gleichen Bedingungen den gleichen Wirkungsfaktor erbringen. Außerdem erfolgte die Berechnung des Kaligehaltes der Böden auch mit dem von Mitscherlich angegebenen Wirkungsfaktor.

11. Beim Vergleich der mit dem Mitscherlich'schen Faktor berechneten Kaligehalte mit jenen, die unter Zugrundelegung des in den obigen Versuchen erhaltenen Wirkungsfaktors festgestellt wurden, ergeben sich bedeutende Unterschiede, ein Beweis dafür, daß es praktisch nicht gleichgültig ist, ob der Wirkungsfaktor 3 oder 1 beträgt, wie Mitscherlich behauptet.

12. Bei zwei Böden Kussewitz und Lüsewitz wurde der Kaligehalt auf Grund der bei steigenden Kaligaben gefundenen Ertragskurve graphisch ermittelt. Dabei gab die graphische Berechnung ungefähr den gleichen Kaligehalt wie die Feststellung auf rechnerischem Wege. Die Übereinstimmung der berechneten und graphisch ermittelten Kaligehalte ist eine Folge des gesetzmäßigen Verlaufes der beiden Kurven bei annähernd gleichem Wirkungsfaktor.

13. Die Kaligehalte, welche bei Anwendung von 1500 gr und 3000 gr Boden je Gefäß auf Grund der Ertragszahlen berechnet wurden, ergaben ungefähr den doppelten Betrag.

Untersuchungen über den Verlauf der Ertragskurve auf Grund der gegebenen Phosphorsäuremengen.

In diesem Teil der Arbeit wurde versucht, den Verlauf der Ertragskurve bei zunehmenden Phosphorsäuregaben festzustellen. Die Versuchsanordnung war im großen ganzen dieselbe wie die bei den Kaliversuchen angegebene. Auf bestehende Unterschiede wird unten genauer eingegangen.

Versuchsreihe V.

Steigende Phosphorsäuregaben in Form von Superphosphatlösung.

Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: Hohenbockaer Glassand.

Als Bodenmaterial dienten 7000 gr Hohenbockaer Glassand.

Diese Versuchsreihe bestand aus 10 verschieden hohen Phosphorsäuregaben, deren verschiedene Höhe aus Übersicht 20 zu ersehen ist. Von jeder Differenzdüngung wurden 4 Parallelgefäße angesetzt. Die Phosphorsäure wurde in Form von Superphosphatlösung gegeben.

Die Grunddüngung bestand aus:

1,6 gr K_2O in Form von Kaliumsulfat,
1,2 „ N als Ammoniumnitrat,
1,0 „ Magnesiumsulfat,
0,5 „ Kochsalz,
1,5 „ kohlensaurem Kalk,
0,2 „ Eisensulfat.

Als Versuchspflanze diente Hafer.

Die Einsaat erfolgte am 17. Mai 1929. Am 25. bis 27. Mai liefen die Pflanzen normal auf, und am 6. Juni wurde die Zahl der Pflanzen auf je 35 Stück verzogen. Nachdem die Gefäße bis zum 17. Juni auf 60 % der Wasserkapazität gehalten waren, wurden sie dann auf volle Wasserkapazität gebracht.

Es fiel auf, daß die Phosphorsäure-Mangelpflanzen eine besonders dunkle Farbe zeigten.

Die Ernte erfolgte am 28. bis 30. August 1929.

Übersicht 20.

$\log (115{,}9 - y) = \log (115{,}9 - 5{,}3) - c \cdot x$

Phosphorsäure-gabe je Gefäß x gr P_2O_5	Mittlere Gesamt-erträge in Trocken-substanz gr	Wirkungs-faktoren c berechnet	Erträge y berechnet
0,00	5,3 ± 0,27	—	—
0,10	48,4 ± 1,63	2,14	60,8
0,15	74,8 ± 1,47	2,87	77,0
0,20	90,6 ± 1,21	3,20	88,4
0,30	108,3 ± 2,23	3,88	102,2
0,45	112,9 ± 2,21	—	111,1
1,00	115,9 ± 1,09	—	115,8
1,50	115,4 ± 1,27	—	—
2,00	103,0 ± 3,89	—	—
3,00	94,6 ± 1,95	—	—

Im Mittel: c = 3,02

m = ± 0,374

Steigende Phosphorsäuregaben in Form von Superphosphatlösung.

Versuchspflanze: Hafer.

Bodenmaterial: Hohenbockaer Glassand.

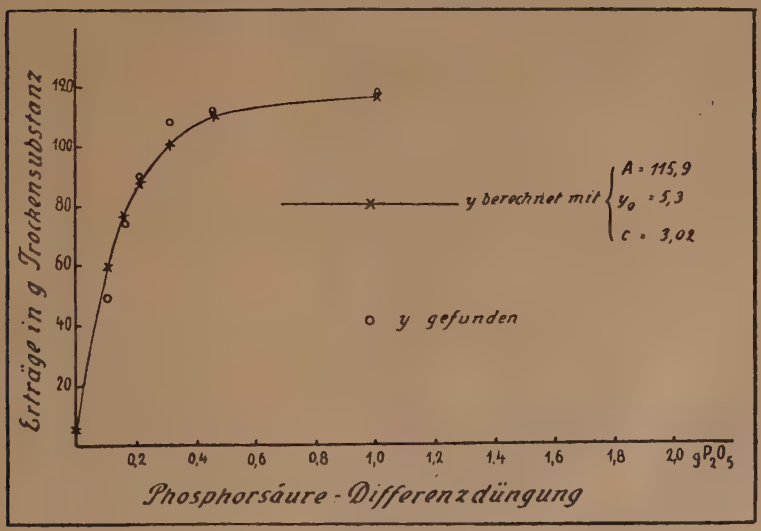

Abb. 10

Die Einzelergebnisse befinden sich in Tabelle VII am Ende der Arbeit.

In Übersicht 20 sind die mittleren Gesamterträge sowie die berechneten c- und y-Werte angegeben.

Zur Berechnung des Wirkungsfaktors der Phosphorsäure wurde in der Mitscherlich'schen Gleichung der bei 1,0 gr Phosphorsäure gefundene Ertrag = A und $y_0 = 5{,}3$ gesetzt.

Die Ertragswerte von 0,45 gr P_2O_5 ab unterscheiden sich nur wenig vom Höchstertrag.

Die berechneten c-Werte stimmen nicht besonders gut überein. Sie schwanken zwischen 2,14 und 3,88 und betragen im Mittel 3,02.

Trotzdem ist die Übereinstimmung zwischen den gefundenen Erträgen und den berechneten eine leidlich gute.

Von 0,45 gr P_2O_5 je Gefäß ab wurden die Wirkungsfaktoren nicht mehr berechnet, da bei Erträgen, die dem Höchstertrag sehr nahe liegen, schon geringe Schwankungen sich in der Höhe der c-Werte sehr stark auswirken.

Die Erträge dieser Reihe, die durch das Kurvenbild Abb. 10 neben den gefundenen Erträgen graphisch dargestellt sind, sind nach folgender Gleichung berechnet:

$$\log (115{,}9 - y) = \log (115{,}9 - 5{,}3) - 3{,}02 \cdot x.$$

Versuchsreihe VI.

Steigende Phosphorsäuregaben in Form von Superphosphatlösung.

Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: 1500 gr Boden Kussewitz + 5500 gr Sand.

Als Bodenmaterial wurde eine Mischung von 1500 gr eines lehmigen Sandbodens vom Gute Kussewitz und 5500 gr Sand genommen.

Die Versuchsbedingungen waren sonst, auch hinsichtlich der Daten des Säens, Erntens, Verziehens usw., die gleichen wie bei Versuchsreihe V.

Die Phosphorsäuredüngung ist aus Übersicht 21 ersichtlich.

Übersicht 21.

$$\log (117{,}0 - y) = \log (117{,}0 - 59{,}2) - c \cdot x$$

Phosphorsäuregabe je Gefäß x gr P_2O_5	Mittlere Gesamterträge in Trockensubstanz gr	Wirkungsfaktoren c berechnet	Erträge y berechnet
0,00	59,2 ± 2,66	—	—
0,10	89,0 ± 1,90	3,15	92,4
0,15	100,9 ± 1,16	3,70	100,9
0,20	109,7 ± 1,36	4,49	106,5
0,30	111,7 ± 1,57	3,46	112,6
0,45	114,6 ± 0,42	—	115,8
1,00	117,0 ± 2,06	—	116,9
1,50	113,8 ± 2,24	—	—
2,00	113,9 ± 1,29	—	—
3,00	116,6 ± 3,87	—	—

Im Mittel: c = 3,70
m = ± 0,286

Die Einzelergebnisse dieser Versuchsreihe sind aus der am Schluß der Arbeit befindlichen Tabelle VIII ersichtlich.

In Übersicht 21 seien die mittleren Gesamterträge sowie die c- und y-Werte aufgeführt, zu deren Berechnung A = 117,0 (bei 1,0 gr P_2O_5) und y_0 = 59,2 in die Mitscherlich'sche Gleichung eingesetzt wurden.

Auch bei dieser Versuchsreihe wurden die Wirkungsfaktoren aus oben angegebenem Grunde nur bis zu einer Phosphorsäuregabe von 0,3 gr P_2O_5 berechnet.

Abbildung 11 zeigt die graphische Darstellung der berechneten und der gefundenen Erträge.

Auch aus dieser Versuchsreihe ist keine gute Konstanz der Wirkungsfaktoren der Phosphorsäure zu ersehen.

Trotzdem stimmen die mit dem mittleren Wirkungsfaktor berechneten Erträge mit den gefundenen wieder verhältnismäßig gut überein.

Trotz der Inkonstanz der Wirkungsfaktoren zeigen die berechneten Erträge sowohl dieser als auch die der Versuchsreihe V eine über Erwarten gute Übereinstimmung.

Steigende Phosphorsäuregaben in Form von Superphosphatlösung.

Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: Boden-Sand-Gemisch.

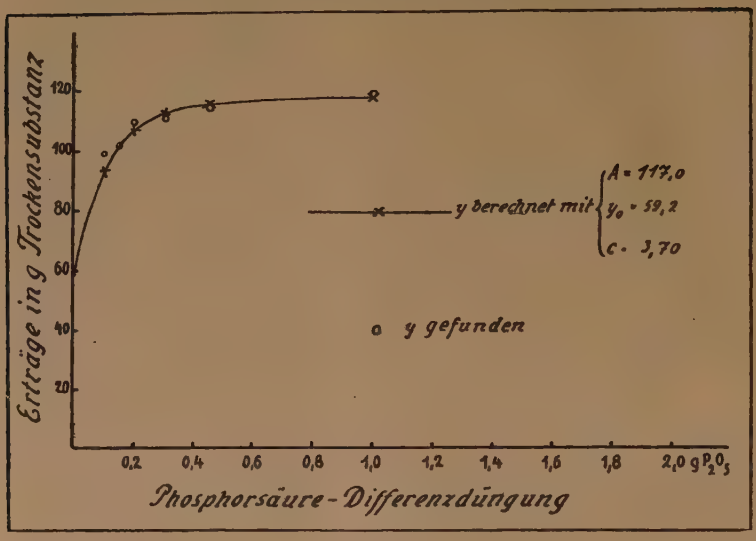

Abb. 11

Versuchsreihe VII.

Steigende Phosphorsäuregaben in Form von Superphosphatlösung.

Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: 1500 gr Boden Altmittweida + 5500 gr Sand.

Bei dieser Versuchsreihe wurde als Bodenmaterial eine Mischung von 1500 gr eines Lehmbodens aus Altmittweida mit 5500 gr Hohenbockaer Glassand genommen.

Die Versuchsbedingungen und Daten waren die gleichen wie bei Versuchsreihe V.

Die Einzelergebnisse dieser Versuchsreihe befinden sich in Tabelle IX am Schluß der Arbeit, während Übersicht 22 die mittleren Gesamterträge sowie die berechneten c- und y-Werte zeigt.

Übersicht 22.

$\log (129{,}2 - y) = \log (129{,}2 - 29{,}7) - c \cdot x$

Phosphorsäure-gabe je Gefäß x gr P_2O_5	Mittlere Gesamt-erträge in Trocken-substanz gr	Wirkungs-faktoren c berechnet	Erträge y berechnet
0,00	29,7 ± 1,97	—	—
0,10	61,1 ± 1,52	1,65	70,5
0,15	82,6 ± 1,99	2,20	84,1
0,20	96,1 ± 1,27	2,39	94,6
0,30	114,9 ± 0,69	2,81	108,8
0,45	120,8 ± 2,79	2,39	120,0
1,00	127,2 ± 1,47	—	128,7
1,50	127,5 ± 1,43	—	—
2,00	129,2 ± 1,52	—	—
3,00	125,1 ± 0,96	—	—

Im Mittel: $c = 2{,}29$
$m = \pm 0{,}181$

Steigende Phosphorsäuregaben in Form von Superphosphatlösung.
Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: Boden-Sand-Gemisch.

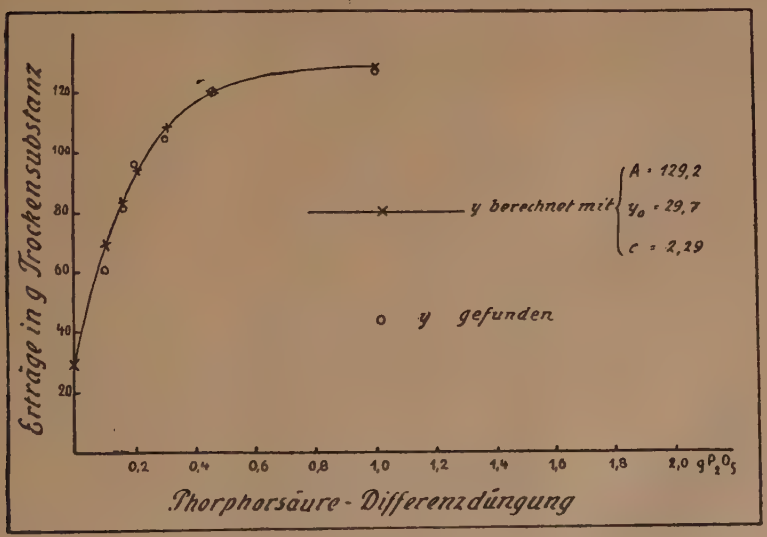

Abb. 12

Zur Berechnung der c- und y-Werte wurden in die Mitscherlich'sche Gleichung A = 129,2 und y_0 = 29,7 eingesetzt.

Wie aus Übersicht 22 hervorgeht, zeigen die berechneten c-Werte unter sich eine bessere Übereinstimmung als die Wirkungsfaktoren der vorgehenden Phosphorsäurereihen.

Die mit Hilfe des mittleren Wirkungsfaktors c = 2,29 berechneten Erträge stimmen mit den gefundenen ebenfalls gut überein.

In Abbildung 12 ist das Kurvenbild der berechneten und gefundenen Erträge dargestellt.

Die Gleichung, nach welcher die Erträge der Versuchsreihe berechnet sind, lautet:

$$\log (129{,}2 - y) = \log (129{,}2 - 29{,}7) - 2{,}29 \cdot x.$$

Versuchsreihe VIII.

Steigende Phosphorsäuregaben in Form von Superphosphatlösung.

Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: 1500 gr Boden Lüsewitz + 5500 gr Sand.

Als Bodenmaterial diente eine Mischung von 1500 gr eines mittelschweren Bodens vom Gute Lüsewitz mit 5500 gr Hohenbockaer Glassand.

Die Versuchsbedingungen waren die gleichen wie bei Versuchsreihe V.

Die Einzelergebnisse befinden sich in Tabelle X am Schlusse der Arbeit.

In Übersicht 23 seien die mittleren Gesamterträge sowie der berechnete Wirkungsfaktor mitgeteilt.

Da der Boden sehr phosphorsäurereich ist und die Ertragssteigerungen infolge der Phosphorsäuredüngung nur gering sind, so ist dem berechneten Wirkungsfaktor kein besonderer Wert beizulegen.

Aus diesem Grunde wurde auch davon abgesehen, die Erträge zu berechnen.

Übersicht 23.

$$\log (127{,}1 - y) = \log (127{,}1 - 103{,}9) - c \cdot x$$

Phosphorsäure-gabe je Gefäß x gr P_2O_5	Mittlere Gesamt-erträge in Trocken-substanz gr	Wirkungs-faktoren c berechnet	Erträge y berechnet
0,00	103,9 ± 1,85	—	—
0,10	117,8 ± 1,59	3,97	—
0,15	125,6 ± 2,26	—	—
0,20	120,4 ± 1,86	—	—
0,30	126,1 ± 2,19	—	—
0,45	126,7 ± 2,06	—	—
1,00	126,3 ± 0,76	—	—
1,50	127,1 ± 1,39	—	—
2,00	121,9 ± 2,44	—	—
3,00	111,8 ± 1,86	—	—

Die Gefäße sind nach steigenden Phosphorsäuregaben geordnet.

Vergleich der Wirkungsfaktoren für Phosphorsäure auf Grund der gegebenen Phosphorsäuremengen.

Die aus den Versuchsreihen V, VI und VII gefundenen Mittelwerte für die Wirkungsfaktoren der Phosphorsäure haben folgende Werte:

Versuchsreihe V	Sand	c = 3,02
„ VI	Boden-Sand	c = 3,70
„ VII	Boden-Sand	c = 2,29

Die in den drei Versuchsreihen ermittelten Wirkungsfaktoren unterscheiden sich demnach ganz erheblich. Eine Ursache dafür kann nicht angegeben werden. Es ist möglich, daß eine „Festlegung" der Phosphorsäure mitspricht.

Es soll nunmehr geprüft werden, in welchem Maße sich die Differenz zwischen den Werten der Wirkungsfaktoren ausprägt.

Zu dem Zwecke wurde A = 100 gesetzt, so daß die nach der Mitscherlich'schen Gleichung errechneten Erträge in Prozenten zum Ausdruck kommen.

Übersicht 24.

Erträge in Prozenten bei Anwendung verschieden hoher Wirkungsfaktoren.

Phosphorsäuregabe je Gefäß x gr P_2O_5	c = 2,29	c = 3,02	c = 3,70
0,10	41,0	50,2	57,4
0,15	54,7	64,8	72,2
0,20	65,2	75,2	81,8
0,45	90,5	95,6	97,8
1,00	99,5	99,9	99,9

Die Gleichung lautet dann:

$$\log (100 - y) = \log 100 - c.x,$$

wobei für c die Werte 2,29, 3,02 und 3,70 und für x die steigenden Phosphorsäuregaben eingesetzt wurden (siehe Übersicht 24).

Aus Übersicht 24 geht hervor, daß sich die drei für Phosphorsäure erhaltenen Wirkungsfaktoren (c = 2,29, c = 3,02 und c = 3,70) in den berechneten Prozentualerträgen stark ausprägen.

Je nachdem für c = 2,29 oder 3,70 in die Mitscherlich'sche Gleichung eingesetzt wurden, schwanken die Erträge bei einer Phosphorsäuregabe von 0,1 gr P_2O_5 zwischen 41,0 % und 57,4 % des Höchstertrages. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den übrigen Phosphorsäuregaben.

Untersuchungen über den Verlauf der Ertragskurve auf Grund der aufgenommenen Posphorsäuremengen.

Es soll nun analog den Kaliversuchen auch bei den Phosphorsäurereihen untersucht werden, ob und wie sich der Wirkungsfaktor für Phosphorsäure verändert, wenn in die Mitscherlich'sche Gleichung statt der gegebenen Phosphorsäuremengen die von den Pflanzen aus der gegebenen Düngung aufgenommenen eingesetzt werden.

Zu diesem Zwecke wurden Stroh und Korn der Versuchsreihen V, VI, VII und VIII getrennt auf ihren Phos-

phorsäuregehalt analysiert. Stroh und Korn wurden genau so vorbehandelt, wie es bereits bei den Kaliversuchen auf S. 25 beschrieben wurde, bis die für die Analyse anzuwendende Trockensubstanz des Strohes bzw. Korns gewichtsmäßig vorlag. Die Analysensubstanz wurde nunmehr in die Veraschungsschale übergeführt, mit 20 cm³ verdünnter Calciumacetatlösung (0,5 : 250) übergossen und zwecks Abdampfens auf ein Wasserbad gebracht. Der darauf folgende Veraschungsvorgang war derselbe wie der bei den Kaliversuchen angewandte. Zur Abscheidung der Kieselsäure wurde die Asche mit 15 cm³ heißem Wasser aufgenommen und mit 10 cm³ 10 %iger Salpetersäure versetzt; der Schaleninhalt wurde nun auf dem Wasserbade zur Trockne eingedampft. Nachdem sodann die Schale mit dem Rückstand 2 Stunden lang im Trockenschrank bei 105° getrocknet war, wurde der Schaleninhalt mit 10 Tropfen 10 %iger Salpetersäure befeuchtet, mit 10 cm³ heißem Wasser übergossen und in einen 125-cm³-Meßkolben übergespült. Darauf wurde das Kölbchen mit 75 cm³ schwefelsäurehaltiger Salpetersäure (siehe unten Lösung 1) beschickt, umgeschüttelt und nach dem Abkühlen bis zur Marke mit destilliertem Wasser aufgefüllt. Alsdann wurde die Lösung durch ein Faltenfilter filtriert. Von dem Filtrat wurden 50 cm³ in ein 400 cm³-Becherglas pipettiert und auf dem Drahtnetz bis zum Auftreten der ersten Kochblasen erhitzt. Nun wurde das Becherglas von der Flamme fortgenommen und etwa 1 Minute lang umgeschwenkt, um dadurch eine Überhitzung der Becherglaswände auszugleichen. Hierauf wurden unter beständigem Umschwenken 50 cm³ Sulfat-Molybdänlösung von gewöhnlicher Temperatur (siehe unten Lösung 2) hinzugefügt, und zwar wurde die Lösung in die Mitte der phosphorsäurehaltigen Flüssigkeit gegossen, wodurch ein Ausfallen von Molybdänsäure an den möglicherweise noch zu heißen Glaswänden oberhalb der Flüssigkeit vermieden wurde. Nach der Fällung wurde das Umschwenken noch wenigstens 2 Minuten lang fortgesetzt und dann die Lösung zwecks Abscheidung des gelben Phosphor-Molybdänniederschlages sich selbst überlassen.

Nach 18 Stunden wurde die überstehende Flüssigkeit durch einen gewogenen Porzellantiegel gegossen. Der Niederschlag wurde wiederholt mit 2 %iger Ammoniumnitratlösung

dekantiert; er wurde sodann in den Porzellantiegel gespült und schließlich noch zwecks Vertreibung des Wassers mit Aceton mehrmals ausgewaschen. Der Porzellantiegel mit dem darin befindlichen Niederschlag wurde nun im Vakuumexsikkator eine halbe Stunde lang bei Zimmertemperatur getrocknet. Sodann wurde der Niederschlag zurückgewogen und mit 0,0818 multipliziert, um die reine Phosphorsäure zu erhalten.

Die Zahl 0,0818 errechnet sich aus: $\frac{0{,}0327 \cdot 125}{50}$, wobei 0,0327 den Neubauerschen Faktor für Phosphorsäure darstellt.

Für obigen Analysengang waren folgende Lösungen erforderlich:

Lösung 1. Schwefelsäurehaltige Salpetersäure: 30 cm³ conc. Schwefelsäure (d = 1,84) wurden mit Salpetersäure (d = 1,2) zu einem Liter aufgefüllt.

Lösung 2. Sulfat-Molybdänlösung: 500 gr Ammoniumsulfat wurden in 4500 cm³ Salpetersäure (d = 1,4) aufgelöst. Dann wurden 1500 gr Ammoniummolybdat in 4 Litern siedenden Wassers gelöst. Die Lösung wurde abgekühlt und unter beständigem Umschwenken in dünnem Strahl in die ammoniumsulfathaltige Salpetersäure gegossen. Nach dem Abkühlen wurde die Mischung auf 10 Liter aufgefüllt, gründlich durchmischt und nach etwa 2 Tagen filtriert.

Die in oben beschriebenem Analysengang gefundene Phosphorsäure wurde analog den Kaliversuchen (siehe S. 27) auf Stroh bzw. Korn umgerechnet und von der erhaltenen Summe (Stroh — P_2O_5 + Korn — P_2O_5) diejenige Menge Phosphorsäure abgezogen, die in den ohne Phosphorsäuredüngung belassenen Pflanzen enthalten war.

Versuchsreihe V.

Steigende Phosphorsäuregaben in Form von Superphosphatlösung.

Versuchspflanze: Hafer.

Bodenmaterial: Hohenbockaer Glassand.

Übersicht 25 zeigt die Erträge der Versuchsreihe V sowie die jeweils aufgenommenen Phosphorsäuremengen;

ebenso sind hieraus die aus letzteren berechneten Wirkungsfaktoren (c') und Erträge (y') ersichtlich.

Übersicht 25.

$$\log (115{,}9 - y) = \log (115{,}9 - 5{,}3) - c' \cdot x'$$

Gegebene Differenzdüngung x gr P_2O_5	Gesamterträge in Trockensubstanz gr	Von den Pflanzen aus der P_2O_5-Düngung aufgen. P_2O_5 x' gr P_2O_5	Wirkungsfaktoren c' berechnet aus x'	Erträge y' berechnet aus c'
0,10	48,4 ± 1,63	0,0488	4,39	54,8
0,15	74,8 ± 1,47	0,0874	4,91	76,8
0,20	90,6 ± 1,21	0,1194	5,36	90,0
0,30	108,3 ± 2,23	0,1849	6,28	104,3
0,45	112,9 ± 2,21	0,2859	5,47	112,5
1,00	115,9 ± 1,09	0,5993	—	115,8
1,50	115,4 ± 1,27	0,9099	—	—
2,00	103,0 ± 3,89	1,0998	—	—
3,00	94,6 ± 1,95	1,4212	—	—

Im Mittel: $c' = 5{,}28$
$m = \pm 0{,}316$

Die berechneten und gefundenen Erträge sind außerdem in Abbildung 13 graphisch dargestellt.

Übersicht 25 besagt, daß die aus den mittleren Gesamterträgen berechneten Wirkungsfaktoren für Phosphorsäure (c') schlecht übereinstimmen, so daß dem Mittelwert eigentlich keine besondere Bedeutung zuzumessen ist. Jedenfalls aber liegt er bedeutend höher als der aus den gegebenen Phosphorsäuremengen berechnete.

Da bei den höheren Phosphorsäuregaben schon geringe Ertragsschwankungen sich in den aus den aufgenommenen Phosphorsäuremengen berechneten Wirkungsfaktoren sehr stark bemerkbar machen, so wurden die c-Werte bei den höheren Phosphorsäuregaben nicht mehr berechnet.

Die mit c' berechneten Erträge y' stimmen, abgesehen von dem Ertrag der Phosphorsäuregabe von 0,1 gr P_2O_5, mit den gefundenen Erträgen gut überein, was auch aus der graphischen Darstellung (Abb. 13) hervorgeht.

Die berechneten Erträge y' folgen der Gleichung:

$$(\log (115{,}9 - y') = \log (115{,}9 - 5{,}3) - 5{,}28 \,.\, x'.$$

Ertragskurve der Ertragsreihe V auf Grund der aufgenommenen Phosphorsäuremengen.

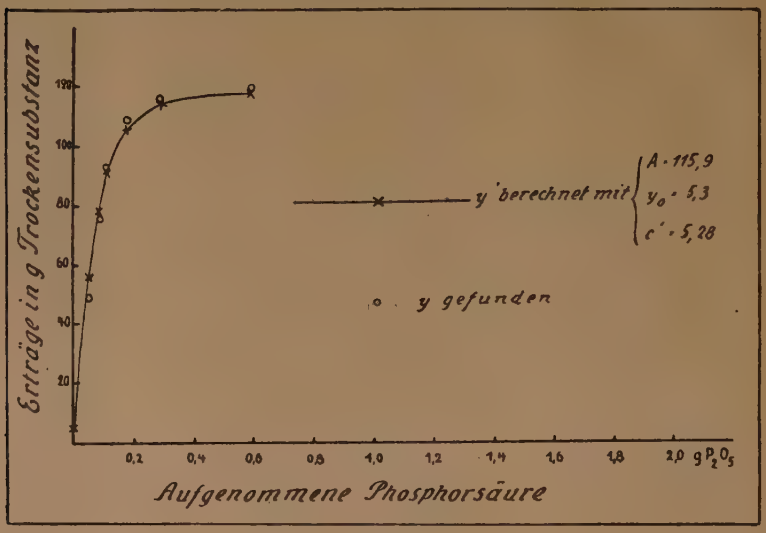

Abb. 13

Versuchreihe VI.

Steigende Phosphorsäuregaben in Form von Superphosphatlösung.

Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: 1500 gr Boden Kussewitz + 5500 gr Sand.

Analog der eben besprochenen Versuchsreihe wurde auch die Versuchsreihe VI behandelt. Von der Summe der Phosphorsäuremengen, die im Stroh und Korn gefunden waren, wurde wiederum die Phosphorsäuremenge in dem Gefäß ohne Phosphorsäuredifferenzdüngung abgezogen. Die Analysenergebnisse dieser Versuchsreihe sind in Übersicht 26 dargestellt.

Ferner sind hier die mit x' berechneten Wirkungsfaktoren c' und auch die Erträge y' aufgeführt.

Übersicht 26.

$$\log (117{,}0 - y) = \log (117{,}0 - 59{,}2) - c' \cdot x'$$

Gegebene Differenzdüngung x gr P_2O_5	Gesamterträge in Trockensubstanz gr	Von den Pflanzen aus der P_2O_5-Düngung aufgen. P_2O_5 x' gr P_2O_5	Wirkungsfaktoren c' berechnet aus x'	Erträge y' berechnet aus c'
0,10	89,0 ± 1,90	0,0635	4,95	95,6
0,15	100,9 ± 1,16	0,0773	7,18	99,8
0,20	109,7 ± 1,36	0,1054	8,52	105,9
0,30	111,7 ± 1,57	0,1578	6,57	112,2
0,45	114,6 ± 0,42	0,2559	—	116,0
1,00	117,0 ± 2,06	0,5418	—	—
1,50	113,8 ± 2,24	0,6418	—	—
2,00	113,9 ± 1,29	0,7889	—	—
3,00	116,6 ± 3,87	1,1057	—	—

Im Mittel: $c' = 6{,}80$

$m = \pm 0{,}756$

Die aus den aufgenommenen Phosphorsäuremengen berechneten Wirkungsfaktoren stimmen noch schlechter überein als die in der Versuchsreihe V gefundenen. Die Wirkungsfaktoren schwanken zwischen 4,95 und 8,52, so daß der mittlere c'-Wert nur eine sehr geringe Sicherheit besitzt, was auch durch die große mittlere Schwankung zum Ausdruck kommt.

Die Wirkungsfaktoren wurden bei dieser Versuchsreihe nur bis einschl. einer Gabe von 0,3 gr P_2O_5 berechnet.

Der mittlere Wirkungsfaktor 6,80 ist fast doppelt so groß wie der aus den gegebenen Phosphorsäuremengen berechnete. Trotz der schlechten Übereinstimmung der Wirkungsfaktoren passen sich die mit Hilfe des mittleren Wirkungsfaktors berechneten Erträge y', außer dem bei 0,1 gr P_2O_5 berechneten Ertrag, den gefundenen Erträgen verhältnismäßig gut an.

Abbildung 14 zeigt die Kurve der berechneten sowie die der gefundenen Erträge.

Ertragskurve der Versuchsreihe VI auf Grund der aufgenommenen Phosphorsäuremengen.

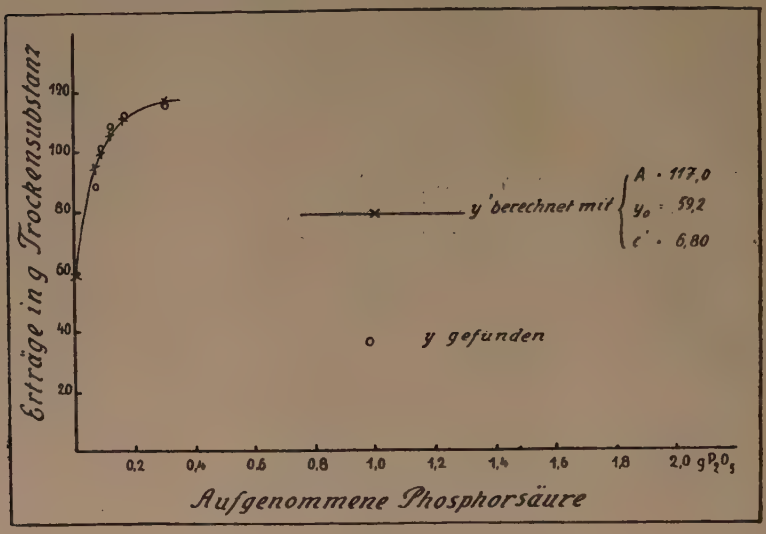

Abb. 14

Versuchsreihe VII.

Steigende Phosphorsäuregaben in Form von Superphosphatlösung.

Versuchspflanze: Hafer.

Bodenmaterial: 1500 gr Boden Altmittweida + 5500 gr Sand.

Wie in den beiden oben besprochenen Versuchsreihen wurde auch in dieser verfahren. Die hierbei gefundenen, aus der Phosphorsäuredüngung aufgenommenen Phosphorsäuremengen sind in Übersicht 27 zusammengestellt.

Außerdem sind in dieser Übersicht die aus den durch die Analyse ermittelten Mengen Phosphorsäure berechneten Wirkungsfaktoren c' und ferner die mit dem mittleren Wirkungsfaktor y' berechneten Erträge zu finden.

Wegen des großen Einflusses der Ertragsunterschiede bei höheren Phosphorsäuregaben auf die Konstanz der Wirkungsfaktoren wurden letztere von einer Phosphorsäuregabe von 1,0 gr P_2O_5 ab nicht mehr berechnet.

Übersicht 27.

$$\log (129{,}2 - y) = \log (129{,}2 - 29{,}7) - c' \cdot x'$$

Gegebene Differenzdüngung x gr P_2O_5	Gesamterträge in Trockensubstanz gr	Von den Pflanzen aus der P_2O_5-Düngung aufgen. P_2O_5 x' gr P_2O_5	Wirkungsfaktoren c' berechnet aus x'	Erträge y' berechnet aus c'
0,10	61,1 ± 1,25	0,0573	2,87	68,3
0,15	82,6 ± 1.99	0,0971	3,39	85 9
0,20	96,1 ± 1,27	0,1272	3,76	95,8
0,30	114,9 ± 0,69	0,1858	4,53	109,0
0,45	120,8 ± 2,79	0,2639	4,06	118,9
1,00	127,2 ± 1,47	0,5343	—	128,2
1,50	127,5 ± 1,43	0,7059	—	—
2,00	129,2 ± 1,52	0,8775	—	—
3,00	125,1 ± 0,96	1,0874	—	—

Im Mittel: $c' = 3{,}72$

$m = \pm 0{,}296$

Ertragskurve der Versuchsreihe VI auf Grund der aufgenommenen P_2O_5-Menge.

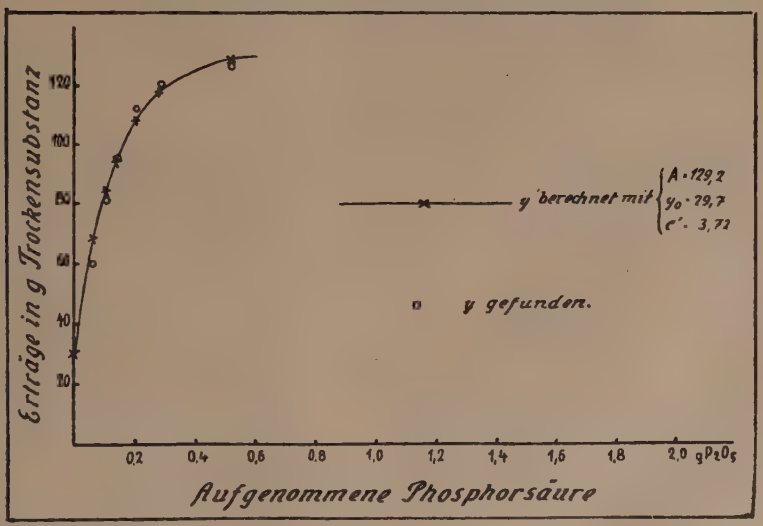

Abb 15

Wie in den Versuchsreihen V und VI, so läßt die Konstanz der Wirkungsfaktoren auch in dieser Versuchsreihe zu wünschen übrig. Die Differenz zwischen dem höchsten und niedrigsten Wirkungsfaktor dieser Reihe beträgt 1,66.

Die Übereinstimmung des mittleren Wirkungsfaktors mit dem aus den gegebenen Phosphorsäuremengen berechneten ist in dieser Versuchsreihe eine bessere als in den beiden vorhergehenden.

Die Erträge y', die mit dem mittleren Wirkungsfaktor berechnet wurden, zeigen bis auf die Phosphorsäuregabe von 0,1 gr P_2O_5 mit den gefundenen Erträgen y eine gute Übereinstimmung.

In Abbildung 15 ist das Kurvenbild der gefundenen und der mit c' errechneten Erträge dargestellt.

Die Gleichung für die berechneten Erträge y' lautet:

$$\log (129{,}2 - y') = \log (129{,}2 - 29{,}7) - 3{,}72 \cdot x'.$$

Versuchsreihe VIII.

Steigende Phosphorsäuregaben in Form von Superphosphatlösung.

Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: 1500 gr Boden Lüsewitz + 5500 gr Sand.

Auch in dieser VIII. Versuchsreihe wurden Stroh und Korn, wie bereits oben beschrieben, analysiert. In Übersicht 28 sind die in der Analyse gefundenen Phosphorsäuremengen aufgeführt.

Als Wirkungsfaktor wurde nur ein Wert berechnet, entsprechend der Phosphorsäuregabe von 0,1 gr P_2O_5. Dabei ergab sich der Wert von 10,53, also ein Wirkungsfaktor, der um 6,56 höher liegt als der aus den gegebenen Phosphorsäuremengen berechnete.

Der Boden Lüsewitz ist sehr phosphorsäurereich; deshalb ist diese Versuchsreihe nicht für besondere Schlußfolgerungen geeignet.

Übersicht 28.

$\log (127{,}1 - y) = \log (127{,}1 - 103{,}9) - c' \cdot x'$

Gegebene Differenzdüngung x gr P_2O_5	Gesamterträge in Trockensubstanz gr	Von den Pflanzen aus der P_2O_5-Düngung aufgen. P_2O_5 x' gr P_2O_5	Wirkungsfaktoren c' berechnet aus x'	Erträge y' berechnet aus c'
0,10	117,8 ± 1,59	0,0377	10,53	—
0,15	125,6 ± 2,26	0,0825	—	—
0,20	120,4 ± 1,86	0,0631	—	—
0,30	126,1 ± 2,19	0,1425	—	—
0,45	126,7 ± 2,06	0,2406	—	—
1,00	126,3 ± 0,76	0,4785	—	—
1,50	127,1 ± 1,39	0,6896	—	—
2,00	121,9 ± 2,44	0,8036	—	—
3,00	111,8 ± 1,86	1,0071	—	—

$c' = 10{,}53$

Vergleich der Wirkungsfaktoren für Phosphorsäure, die auf Grund der gegebenen und aufgenommenen Phosphorsäure gefunden wurden.

In Übersicht 29 sind zusammenfassend die mittleren Wirkungsfaktoren der Versuchsreihen V, VI, VII und VIII angegeben, und zwar sind sie einmal aus den gegebenen Phos-

Übersicht 29.

	Versuchsreihe V	Versuchsreihe VI	Versuchsreihe VII	Versuchsreihe VIII
Mittlerer Wirkungsfaktor c	3,02	3,70	2,29	(3,97)
Mittlerer Wirkungsfaktor c'	5,28	6,80	3,72	(10,53)
c' > c	2,26	3,10	1,43	(6,56)

phorsäuredüngungen, das andere Mal aus den in der Analyse gefundenen Phosphorsäuremengen berechnet.

Stimmten schon die aus den einzelnen Reihen berechneten Wirkungsfaktoren schlecht überein, so besteht ferner durchaus keine Übereinstimmung zwischen den Werten, welche aus den gegebenen und aufgenommenen Phosphorsäuremengen berechnet wurden. Die größte Schwankung zeigt die Versuchsreihe VIII mit dem sehr phosphorsäurereichen Boden Lüsewitz, während der phosphorsäurearme Boden Altmittweida (Versuchsreihe VII) die geringste Schwankung aufweist.

Untersuchungen über den Verlauf der Ertragskurve auf Grund der gegebenen Phosphorsäuremengen bei geringerer Grunddüngung.

Versuchsreihe IX.

Steigende Phosphorsäuregaben in Form von Superphosphatlösung bei geringerer Grunddüngung.

Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: Hohenbockaer Glassand.

Um zu prüfen, wie die Veränderung der Grunddüngung die Erträge beeinflußt, wurde eine Versuchsreihe mit zunehmenden Phosphorsäuregaben und geringerer Grunddüngung angesetzt.

Im besonderen war die Grunddüngung dieser Versuchsreihe folgende:

0,6 gr N als Ammoniumnitrat,
0,4 „ K_2O als Kaliumsulfat,
0,5 „ Magnesiumsulfat,
0,25 „ Kochsalz,
1,5 „ kohlensaurer Kalk,
0,2 „ Eisensulfat.

Die Differenzdüngung bestand aus 9 verschieden hohen Phosphorsäuregaben, die in Form von Superphosphatlösung gegeben wurden. Als Bodenmaterial wurden 7000 gr Hohenbockaer Glassand benutzt. Als Versuchspflanze diente Hafer. Im übrigen waren die Versuchsbedingungen dieselben wie die bei der Versuchsreihe V beschriebenen.

Die Einzelergebnisse dieser Versuchsreihe befinden sich in Tabelle XI am Schluß der Arbeit.

Die Pflanzen liefen normal auf und zeigten zu Beginn der Vegetationszeit nichts Auffälliges. Dann aber blieben die Pflanzen mit der Phosphorsäuredifferenzdüngung von 0,15 gr P_2O_5

sowie die mit noch höheren P_2O_5-Gaben gegenüber den in Bezug auf Phosphorsäuredüngung entsprechenden Pflanzen der Versuchsreihe V (mit sogenannter voller Grunddüngung) im Wachstum zurück.

Übersicht 30.

Differenzdüngung gr P_2O_5	0,00	0,10	0,15	0,20	0,30	0,45	1,00	1,50	2,00	3,00
Reihe V	5,3	48,4	74,8	90,6	108,3	112,9	115,9	115,4	103,0	94,6
Reihe IX	4,5	44,9	58,5	68,4	70,8	70,7	60,8	52,6	44,5	—

Genaueren Aufschluß über die Gesamterträge der Versuchsreihen V und IX gibt die Übersicht 30.

Übersicht 31.

$$\log (70{,}8 - y) = \log (70{,}8 - 4{,}5) - c \cdot x$$

Phosphorsäure je Gefäß x gr P_2O_5	Mittlere Gesamterträge in Trockensubstanz gr	Wirkungsfaktoren c berechnet	Erträge y berechnet
0,00	4,5 ± 0,325	—	—
0,10	44,9 ± 0,615	4,08	51,6
0,15	58,5 ± 2,566	4,87	60,5
0,20	68,4 ± 1,231	7,20	65,3
0,30	70,8 ± 1,683	—	69,2
0,45	70,7 ± 1,014	—	—
1,00	60,8 ± 2,697	—	—
1,50	52,6 ± 2,262	—	—
2,00	44,5 ± 3,710	—	—

Im Mittel: $c = 5{,}38$

$m = \pm 1{,}071$

Diese Übersicht bestätigt das oben Gesagte. Von der Phosphorsäuregabe 0,15 gr P_2O_5 ab ist bei der Versuchsreihe mit der geringeren Grunddüngung ein deutliches Zurückbleiben der Erträge infolge Mangels an ausreichender Grunddüngung zu bemerken. Hingegen ist bei den niedrigen P_2O_5-Gaben eine Schädigung der Erträge durch die sog. volle Grunddüngung nicht eingetreten, im Gegensatz zum entsprechenden Versuche bei Kali (Versuchsreihe IV).

In Übersicht 31 sind die mittleren Gesamterträge sowie die c- und y-Werte zusammengestellt, zu deren Berechnung $A = 70{,}8$ und $y_0 = 4{,}5$ in die Mitscherlich'sche Gleichung eingesetzt wurden.

In dieser Versuchsreihe wurden die Wirkungsfaktoren nur bis zu einer Phosphorsäuregabe von 0,2 gr P_2O_5 berechnet, wobei der bei dieser Phosphorsäuregabe errechnete Wirkungsfaktor sich schon erheblich von den beiden andern bei den niedrigeren Phosphorsäuregaben gefundenen unterscheidet.

Steigende Phosphorsäuregaben in Form von Superphosphatlösung bei geringerer Grunddüngung.

Versuchspflanze: Hafer.

Bodenmaterial: Hohenbockaer Glassand.

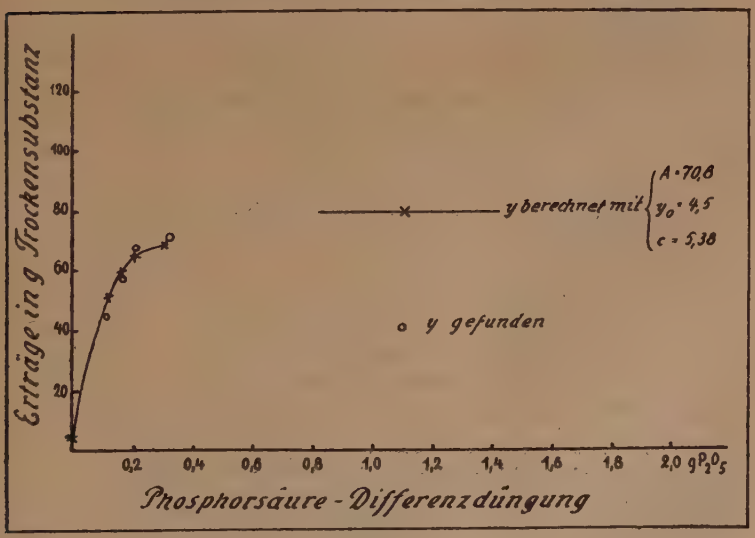

Abb. 16

Abbildung 16 zeigt die Kurven der berechneten und der gefundenen Erträge.

Die Wirkungsfaktoren dieser Versuchsreihe stimmen ebenso wie die Reihen mit der sog. vollen Grunddüngung schlecht überein.

Der mittlere Wirkungsfaktor dieser Versuchsreihe liegt um 2,36 höher als der in der Versuchsreihe V (mit sog. voller Grunddüngung) berechnete.

Die berechneten und die gefundenen Erträge zeigen, abgesehen von der Phosphorsäuregabe 0,1 gr P_2O_5, eine gute Übereinstimmung trotz des schwankenden Wertes für den Wirkungsfaktor.

Die Erträge der Versuchsreihe IX sind nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$\log (70{,}8 - y) = \log (70{,}8 - 4{,}5) - 5{,}38 \cdot x.$$

Untersuchungen über den Verlauf der Ertragskurve auf Grund der aufgenommenen Phosphorsäuremengen bei geringerer Grunddüngung.

Versuchsreihe IX.

Steigende Phosphorsäuregaben in Form von Superphosphatlösung bei geringerer Grunddüngung.

Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: Hohenbockaer Glassand.

Analog der Versuchsreihe V wurde auch diese Versuchsreihe analysiert. Von der durch die Analyse im Stroh und Korn gefundenen Phosphorsäuremenge wurde wiederum diejenige Phosphorsäuremenge abgezogen, die in dem Gefäß ohne Phosphorsäuredüngung enthalten war.

Die Analysenergebnisse dieser Versuchsreihe sind in Übersicht 32 zusammengestellt.

Ebenso sind hier die mit x' berechneten Wirkungsfaktoren c', welche wegen ihrer großen Unterschiede infolge der Ertragsschwankungen von einer Phosphorsäuregabe von

0,3 gr P_2O_5 ab nicht mehr berechnet wurden, und auch die Erträge y' aufgeführt.

Übersicht 32.

$$\log (70{,}8 - y) = \log (70{,}8 - 4{,}5) - c' x'$$

Gegebene Differenzdüngung x gr P_2O_5	Gesamterträge in Trockensubstanz gr	Von den Pflanzen aus der P_2O_5-Düngung aufgen. P_2O_5 x' gr P_2O_5	Wirkungsfaktoren c' berechnet aus x'	Erträge y' berechnet aus c'
0,10	44,9 ± 0,615	0,0542	7,53	52,3
0,15	58,5 ± 2,566	0,0736	9,93	59,1
0,20	68,4 ± 1,231	0,1089	13,23	65,7
0,30	70,8 ± 1,683	0,1674	—	69,5
0,45	70,7 ± 1,014	0,2415	—	—
1,00	60,8 ± 2,697	0,4246	—	—
1,50	52,6 ± 2,262	0,5575	—	—
2,00	44,5 ± 3,710	0,6736	—	—

Im Mittel: c' = 10,23
m = ± 1,770

Ertragskurve der Versuchsreihe IX auf Grund der aufgenommenen Phosphorsäuremengen.

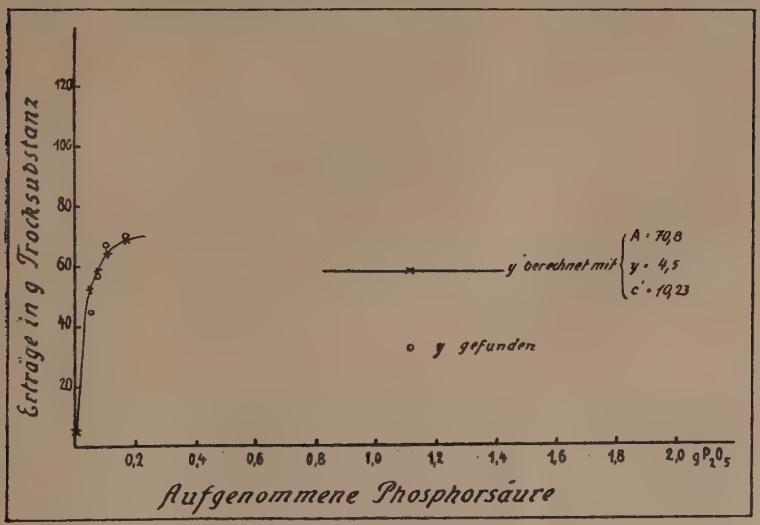

Abb. 17

Die aus den aufgenommenen Phosphorsäuremengen berechneten Wirkungsfaktoren stimmen sehr schlecht überein; sie schwanken zwischen 7,53 und 13,26. Das Mittel der Wirkungsfaktoren c = 10,23 ist um 4,85 größer als das aus den gegebenen Phosphorsäuremengen berechnete.

Die mit dem mittleren Wirkungsfaktor berechneten Erträge y' stimmen, außer dem bei 0,1 gr P_2O_5 erzielten Ertrag, mit den gefundenen Erträgen wider Erwarten annähernd gut überein.

In Abbildung 17 ist das Kurvenbild der gefundenen und der mit c' berechneten Erträge dargestellt.

Die Gleichung für die berechneten Erträge y' lautet:

$$\log (70{,}8 - y') = \log (70{,}8 - 4{,}5) - 10{,}23 \cdot x'.$$

Zusammenfassung der Ergebnisse über die Versuche mit Phosphorsäure.

A. Es wurden Gefäßversuche mit steigenden Phosphorsäuregaben und der üblichen, sog. vollen Grunddüngung ausgeführt. Als Versuchspflanze diente Hafer. Als Bodenmaterial wurde bei einer Versuchsreihe reiner Glassand und bei drei weiteren ein Gemisch aus Boden und Glassand benutzt. Die Ergebnisse dieser Versuche waren folgende:

1. Die von E. A. Mitscherlich angegebene logarithmische Funktion zwischen Phosphorsäuredüngung und Ertrag wurde unter den oben beschriebenen Versuchsbedingungen nicht erfüllt. Unter Benutzung der Mitscherlich'schen Gleichung konnte auf Grund der gefundenen Erträge keine einheitliche Konstante (Wirkungsfaktor) errechnet werden.

2. Es ist möglich, daß die Inkonstanz der Wirkungsfaktoren auf eine „Festlegung" der Phosphorsäure zurückzuführen ist.

3. Bei Zugrundelegung der von den Pflanzen aus der Phosphorsäuredüngung aufgenommenen Mengen Phosphorsäure konnte die Mitscherlich'sche logarithmische Funktion zwischen Düngung und Ertrag ebenfalls nicht bestätigt werden.

4. E. A. Mitscherlich gibt als Gleichungskonstante (Wirkungsfaktor) für Phosphorsäure den Wert von 1,95 je Gefäß an. Obige Versuche haben, wie bereits gesagt, zu keinem einheitlichen Wert geführt; außerdem aber sind die berechneten Werte bedeutend höher als Mitscherlich angibt. Wenn auch die von E. A. Mitscherlich aufgestellte Gesetzmäßigkeit betreffs der Phosphorsäurewirkung auf den Ertrag nicht bestätigt werden kann, so ist doch anzunehmen, daß die Wirksamkeit der Phosphorsäure auf den Pflanzenertrag bedeutend größer ist als Mitscherlich angibt, da die auf Grund obiger Versuche ermittelten Wirkungsfaktoren um ein ziemliches höher liegen als der von Mitscherlich angegebene Wert.

B. Neben den unter A genannten Versuchsreihen wurde auch eine Versuchsreihe mit steigenden Phosphorsäuregaben und geringerer Grunddüngung angesetzt. Als Versuchspflanze diente ebenfalls Hafer, als Bodenmaterial Hohenbockaer Glassand. Es wurden hierbei folgende Ergebnisse erzielt:

5. Bei dem Versuch mit geringerer Grunddüngung ließ die Konstanz des Wirkungsfaktors für Phosphorsäure ebenfalls sehr zu wünschen übrig, so daß der logarithmische Verlauf der Ertragskurve auch hier in Frage gestellt werden muß.

6. Bei der geringeren Grunddüngung erbrachten die niedrigen Phosphorsäuregaben ungefähr die gleichen Werte wie bei der üblichen sog. vollen Grunddüngung. Eine Schädigung durch die sog. volle Grunddüngung bei geringen Phosphorsäuregaben hat also im Gegensatz zu dem entsprechenden Versuch bei Kali kaum stattgefunden. Bei den mittleren (ab 0,1 gr P_2O_5) und höheren Phosphorsäuregaben liegen die Erträge bei der geringeren Grunddüngung weit hinter den bei voller Grunddüngung erzielten zurück.

7. Durch Berechnung wurde festgestellt, ob und in welchem Maße sich verschieden hohe c-Werte auf die Höhe der Prozentualerträge auswirken. Dabei wurde nachgewiesen, daß die Schwankungen der in obigen Versuchen erhaltenen Wirkungsfaktoren für Phosphorsäure sich in den berechneten Prozentualerträgen stark ausprägen.

Ich möchte nicht versäumen, auch an dieser Stelle dem Direktor der Landwirtschaftlichen Versuchsstation zu Rostock, Herrn Prof. Dr. Honcamp, für die freundliche Überlassung des Materials und insbesondere Herrn Prof. Dr. Wiessmann für seine liebenswürdige Unterstützung und Beihilfe bei der Arbeit meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Tabelle I.

Steigende Kaligaben in Form von Kaliumsulfat.

Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: Hohenbockaer Glassand.

Gefäß-Nr.	Differenzdüngung K_2O g	Einzelerträge in g Trockensubstanz			Mittelerträge in g Trockensubstanz		
		Stroh	Korn	Gesamt	Stroh	Korn	Gesamt
2021	0,00	2,0	0,00	2,0	1,3	0,00	1,3 ± 0,23
2022		1,3	0,00	1,3			
2023		1,2	0,00	1,2			
2024		0,8	0,00	0,8			
2025	0,05	15,0	0,05	15,05	16,03	0,05	16,1 ± 1,10
2026		17,9	0,05	17,95			
2027		15,2	0,05	15,25			
2028		verunglückt					
2029	0,10	verunglückt			20,6	4,9	25,5 ± 0,82
2030		20,4	6,5	26,9			
2031		19,5	4,9	24,4			
2032		21,9	3,3	25,2			
2033	0,20	33,5	16,3	49,8	32,8	17,9	50,7 ± 3,29
2034		29,2	13,3	42,5			
2035		35,4	18,3	53,7			
2036		33,0	23,8	56,8			
2037	0,30	43,8	25,4	69,2	44,2	28,1	72,3 ± 2,19
2038		44,8	32,3	77,1			
2039		48,2	25,3	73,5			
2040		40,0	29,3	69,3			
2041	0,50	52,3	37,4	89,7	55,9	39,9	95,8 ± 2,26
2042		56,5	43,3	99,8			
2043		57,0	41,1	98,1			
2044		57,9	37,8	95,7			
2045	0,80	64,7	44,1	108,8	65,0	44,5	109,5 ± 3,33
2046		68,5	47,0	115,5			
2047		66,7	46,1	112,8			
2048		60,3	40,8	101,1			
2049	1,60	68,1	47,2	115,3	69,1	50,7	119,8 ± 1,61
2050		70,7	51,2	121,9			
2051		67,8	52,8	120,6			
2052		69,6	51,7	121,3			
2053	2,00	70,7	51,8	122,5	70,9	51,4	122,3 ± 0,81
2054		70,8	52,1	122,9			
2055		71,9	51,9	123,8			
2056		70,2	49,9	120,1			
2057	3,00	69,7	43,6	113,3	69,0	44,6	113,6 ± 1,61
2058		66,0	43,5	109,5			
2059		69,7	44,2	113,9			
2060		70,7	47,1	117,8			

Tabelle II.

Steigende Kaligaben in Form von Kaliumsulfat.

Versuchspflanze: Hafer.

Bodenmaterial: Boden-Sandgemisch (Kussewitz).

Gefäß-Nr.	Differenzdüngung K_2O g	Einzelerträge in g Trockensubstanz			Mittelerträge in g Trockensubstanz		
		Stroh	Korn	Gesamt	Stroh	Korn	Gesamt
2109	0,00	28,6	12,7	41,3	28,6	15,0	43,6 ± 0,86
2110		28,0	15,7	43,7			
2111		30,2	14,8	45,0			
2112		27,8	16,8	44,6			
2113	0,10	36,3	19,2	55,5	37,5	22,4	59,9 ± 1,59
2114		39,6	21,7	61,3			
2115		37,8	23,3	61,1			
2116		36,5	25,2	61,7			
2117	0,20	43,6	30,3	73,9	45,4	32,6	78,0 ± 2,26
2118		45,0	32,3	77,3			
2119		48,3	36,0	84,3			
2120		44,8	31,8	76,6			
2121	0,30	50,5	37,2	87,7	50,7	37,3	88,0 ± 1,64
2122		50,6	36,5	87,1			
2123		52,3	40,3	92,6			
2124		49,5	35,2	84,7			
2125	0,50	55,1	41,2	96,3	57,3	42,0	99,3 ± 2,85
2126		58,3	40,7	99,0			
2127		60,6	46,6	107,2			
2128		54,9	39,8	94,7			
2129	0,80	60,6	45,7	106,3	60,7	46,8	107,5 ± 1,91
2130		61,7	47,5	109,2			
2131		63,4	46,8	110,2			
2132		57,5	45,0	102,5			
2133	1,6	71,1	50,5	121,6	70,0	49,7	119,7 ± 2,60
2134		74,3	50,8	125,1			
2135		64,8	51,1	115,9			
2136		70,0	46,4	116,4			
2137	2,0	70,8	48,3	119,1	72,7	48,3	121,0 ± 1,26
2138		74,5	48,7	123,2			
2139		70,9	51,5	122,4			
2140		74,5	45,0	119,5			
2141	3,0	75,8	49,7	125,5	72,7	50,1	122,8 ± 3,02
2142		78,4	49,0	127,4			
2143		71,0	52,5	123,5			
2144		65,8	49,3	115,1			

Tabelle III.

Steigende Kaligaben in Form von Kaliumsulfat.

Versuchspflanze: Hafer.

Bodenmaterial: Boden-Sandgemisch (Lüsewitz).

Gefäß-Nr.	Differenzdüngung K_2O g	Einzelerträge in g Trockensubstanz			Mittelerträge in g Trockensubstanz		
		Stroh	Korn	Gesamt	Stroh	Korn	Gesamt
2317	0,00	38,7	26,8	65,5	37,9	25,2	63,1 ± 2,08
2318		38,3	27,8	66,1			
2319		36,2	21,2	57,4			
2320		38,3	25,2	63,5			
2321	0,10	42,5	29,5	72,0	45,5	28,3	73,8 ± 0,85
2322		47,5	26,3	73,8			
2323		47,0	29,1	76,1			
2324		45,0	28,2	73,2			
2325	0,20	47,8	30,0	77,8	49,9	32,5	82,4 ± 2,33
2326		50,8	34,8	85,6			
2327		52,7	33,0	85,7			
2328		48,4	32,2	80,6			
2329	0,30	50,7	38,1	88,8	53,2	40,5	93,7 ± 1,77
2330		53,3	41,5	94,8			
2331		54,5	40,0	94,5			
2332		54,2	42,5	96,7			
2333	0,50	57,0	44,1	101,1	62,1	46,5	108,6 ± 3,85
2334		63,8	50,4	114,2			
2335		66,0	47,6	113,6			
2336		61,4	44,0	105,4			
2337	0,80	68,3	45,5	113,8	69,1	49,1	118,2 ± 2,00
2338		71,0	52,3	123 3			
2339		67,0	50,0	117,0			
2340		70,0	48,6	118,6			
2341	1,60	76,5	53,5	130,0	74,4	50,7	125,1 ± 1,88
2342		75,6	49,8	125,4			
2343		72,5	50,3	122,8			
2344		73,0	49,2	122,2			
2345	2,00	70,7	56,7	127,4	75,1	56,1	131,2 ± 1,73
2346		76,0	54,6	130,6			
2347		78,2	57,8	136,0			
2348		75,7	55,1	130,8			
2349	3,00	74,3	56,8	131,1	75,1	54,4	129,5 ± 3,49
2350		78,6	59,1	137,7			
2351		74,8	49,4	124,2			
2352		73,0	52,3	125,3			

Tabelle IV.

Steigende Kaligaben in Form von Kaliumsulfat bei geringerer Grunddüngung.

Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: Hohenbockaer Glassand.

Gefäß-Nr.	Differenzdüngung K_2O g	Einzelerträge in g Trockensubstanz			Mittelerträge in g Trockensubstanz		
		Stroh	Korn	Gesamt	Stroh	Korn	Gesamt
2241	0,00	7,9	0,3	8,2	8,0	0,5	8,5 ± 0,36
2242		8,0	0,2	8,2			
2243		7,5	0,6	8,1			
2244		8,8	0,7	9,5			
2245	0,05	16,7	10,0	26,7	17,5	10,6	28,1 ± 0,62
2246		17,1	10,7	27,8			
2247		18,0	11,1	29,1			
2248		18,2	10,6	28,8			
2249	0,10	24,2	15,5	39,7	24,5	14,7	39,2 ± 0,34
2250		25,4	14,2	39,6			
2251		24,6	14,7	39,3			
2252		23,8	14,5	38,3			
2253	0,20	31,0	19,2	50,2	31,5	18,5	50,0 ± 0,47
2254		31,8	19,1	50,9			
2255		31,4	18,8	50,2			
2256		32,0	16,7	48,7			
2265	0,80	47,7	25,6	73,3	47,0	27,6	74,6 ± 0,78
2266		46,7	27,7	74,4			
2267		46,6	30,2	76,8			
2268		47,0	27,0	74,0			
2269	1,60	43,8	23,3	67,1	43,6	24,6	68,2 ± 1,00
2270		44,0	24,6	68,6			
2271		41,3	25,2	66,5			
2272		45,2	25,3	70,5			
2273	2,00	41,4	24,0	65,4	41,8	25,0	66,8 ± 1,76
2274		40,7	22,6	63,3			
2275		43,4	27,6	71,0			
2276		41,6	25,8	67,4			

Tabelle V.

Bestimmung von Kali im Boden.

Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: 1500 g Boden + 5500 g Sand.

Klein-Wokern.

Gefäß-Nr.	Düngung	Einzelerträge in g Trockensubstanz			Mittelerträge in g Trockensubstanz		
		Stroh	Korn	Gesamt	Stroh	Korn	Gesamt
2457	Voll-düngung ohne Kali	33,8	26,2	60,0	32,6	24,1	56,7 ± 1,95
2458		31,7	22,0	53,7			
2459		32,2	24,2	56,4			
2463	Voll-düngung	70,0	50,9	120,9	70,4	53,8	124,2 ± 1,98
2464		70,4	55,3	125,7			
2465		70,7	55,4	126,1			

Pribbenow.

2466	Voll-düngung ohne Kali	28,8	17,7	46,5	27,1	19,0	46,1 ± 0,69
2467		27,7	20,0	47,7			
2468		26,8	18,4	45,2			
2469		25,3	19,9	45,2			
2474	Voll-düngung	67,7	48,5	116,2	69,4	51,0	120,4 ± 2,99
2475		70,9	53,3	124,2			
2476		68,0	48,4	116,4			
2477		71,2	53,7	124,9			

Neu-Bauhof.

2478	Voll-düngung ohne Kali	43,6	35,1	78,8	46,1	35,4	81,5 ± 2,46
2479		47,7	36,9	84,6			
2480		43,3	34,1	77,4			
2481		49,7	35,4	85,1			
2486	Voll-düngung	72,0	58,2	130,2	68,5	55,3	123,8 ± 2,33
2487		67,5	53,2	120,7			
2488		68,5	55,1	123,6			
2489		66,1	54,5	120,6			

Perlin.

2161	Voll-düngung ohne Kali	27,2	19,1	46,3	27,5	16,0	43,5 ± 2,89
2162		25,3	16,1	41,4			
2163		30,8	17,8	48,6			
2164		26,5	11,1	37,6			
2085	Voll-düngung	65,0	46,0	111,0	68,7	46,7	115,4 ± 2,61
2086		65,1	47,5	112,6			
2087		73,8	46,9	120,7			
2088		70,8	46,5	117,3			

Tabelle VI.

Bestimmung von Kali im Boden.

Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: 3000 g Boden + 4000 g Sand.

Kussewitz.

Gefäß-Nr.	Düngung	Einzelerträge in g Trockensubstanz			Mittelerträge in g Trockensubstanz		
		Stroh	Korn	Gesamt	Stroh	Korn	Gesamt
2185	Volldüngung ohne Kali	41,9	31,9	73,8	43,8	30,8	74,6 ± 1,95
2186		46,2	33,3	79,7			
2187		46,2	28,6	74,8			
2188		40,8	29,1	69,9			
2193	Volldüngung	67,3	48,5	115,8	70,2	49,7	119,9 ± 3,04
2194		67,7	47,9	115,6			
2195		72,2	50,0	122,2			
2196		73,5	52,0	126,0			

Lüsewitz.

2393	Volldüngung ohne Kali	56,2	43,3	99,5	60,1	41,7	101,8 ± 2,55
2394		61,0	45,1	106,1			
2395		60,5	36,5	97,0			
2396		62,5	42,0	104,5			
2401	Volldüngung	67,7	58,0	125,7	70,9	55,0	125,9 ± 0,81
2402		72,5	55,6	128,1			
2403		72,3	53,8	126,1			
2404		71,4	52,6	124,0			

Perlin.

2097	Volldüngung ohne Kali	39,1	29,4	68,5	41,6	31,6	73,2 ± 3,51
2098		40,5	28,3	68,3			
2099		42,0	33,2	75,2			
2100		45,3	35,7	81,0			
2105	Volldüngung	68,6	53,8	122,4	73,3	53,4	126,7 ± 3,02
2106		77,5	53,6	131,1			
2107		73,8	48,8	122,6			
2108		73,1	57,5	130,6			

Tabelle VII.

Steigende Phosphorsäuregaben in Form von Superphosphatlösung.

Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: Hohenbockaer Glassand.

Gefäß-Nr.	Differenzdüngung P_2O_5 g	Einzelerträge in g Trockensubstanz			Mittelerträge in g Trockensubstanz		
		Stroh	Korn	Gesamt	Stroh	Korn	Gesamt
2197	0,00	4,8	1,2	6,0	4,4	0,9	5,3 ± 0,27
2198		4,0	1,0	5,0			
2199		4,4	1,1	5,5			
2200		4,4	0,6	5,0			
2205	0,10	35,5	13,0	48,5	34,5	13,9	48,4 ± 1,63
2206		33,3	10,7	44,0			
2207		36,0	16,8	52,8			
2208		33,1	15,2	48,3			
2209	0,15	47,0	23,9	70,9	47,9	26,9	74,8 ± 1,47
2210		48,3	26,5	74,8			
2211		48,5	30,1	78,6			
2212		47,8	27,4	75,2			
2213	0,20	57,4	35,5	92,9	56,9	33,7	90,6 ± 1,21
2214		57,2	32,5	89,7			
2215		55,8	32,5	88,3			
2216		57,3	34,5	91,8			
2217	0,30	67,8	46,8	114,6	65,2	43,1	108,3 ± 2,23
2218		64,0	42,7	106,7			
2219		63,0	42,6	105,6			
2220		66,3	40,3	106,6			
2221	0,45	70,4	42,6	113,0	67,9	45,0	112,9 ± 2,21
2222		69,5	49,4	118,9			
2223		65,8	42,3	108,1			
2224		66,1	45,5	111,6			
2225	1,00	71,0	48,0	119,0	67,7	48,2	115,9 ± 1,09
2226		64,4	51,3	115,7			
2227		67,8	47,1	114,9			
2228		67,7	46,5	114,2			
2229	1,50	69,4	49,5	118,9	66,5	48,9	115,4 ± 1,27
2230		63,5	51,3	114,8			
2231		66,5	48,3	114,8			
2232		66,6	46,5	113,1			
2233	2,00	65,5	45,4	110,9	62,0	41,0	103,0 ± 3,89
2234		60,0	46,0	106,0			
2235		59,7	36,3	96,0			
2236		62,8	36,6	99,4			
2237	3,00	59,0	36,6	95,6	57,7	36,9	94,6 ± 1,95
2238		59,4	39,6	99,0			
2239		57,1	36,9	94,0			
2240		55,4	34,4	89,8			

Tabelle VIII.

Steigende Phosphorsäuregaben in Form von Superphosphatlösung.

Versuchspflanze: Hafer.

Bodenmaterial: Boden-Sandgemisch (Kussewitz).

Gefäß-Nr.	Differenzdüngung P_2O_5 g	Einzelerträge in g Trockensubstanz			Mittelerträge in g Trockensubstanz		
		Stroh	Korn	Gesamt	Stroh	Korn	Gesamt
2145	0,00	37,0	22,8	59,8	36,5	22,7	59,2 ± 2,66
2146		34,2	20,5	54,7			
2147		36,0	20,4	56,4			
2148		39,0	26,9	65,9			
2149	0,10	51,0	38,2	89,2	51,2	37,8	89,0 ± 1,90
2150		52,9	34,7	87,6			
2151		49,1	36,0	85,1			
2152		51,8	42,2	94,0			
2153	0,15	59,5	42,9	102,4	57,2	43,7	100,9 ± 1,16
2154		55,5	42,5	98,0			
2155		59,1	43,5	102,6			
2156		54,8	45,8	100,6			
2157	0,20	61,9	49,3	111,2	62,5	47,2	109,7 ± 1,36
2158		63,2	46,7	109,9			
2159		62,7	43,3	106,0			
2160		62,2	49,6	111,8			
2061	0,30	68,4	46,1	114,5	65,3	46,4	111,7 ± 1,57
2062		67,2	46,1	113,3			
2063		63,7	45,1	108,8			
2064		62,1	48,2	110,3			
2065	0,45	68,2	47,2	115,4	67,3	47,3	114,6 ± 0,42
2066		66,5	47,5	114,0			
2067		66,9	47,1	114,0			
2068		67,7	47,2	114,9			
2169	1,00	71,0	48,6	119,6	68,1	48,9	117,0 ± 2,06
2170		71,3	48,8	120,1			
2171		64,1	51,6	115,7			
2172		65,8	46,8	112,6			
2173	1,50	67,1	45,3	112,4	66,8	47,0	113,8 ± 2,24
2174		67,9	49,8	117,7			
2175		67,5	48,6	116,1			
2176		64,6	44,4	109,0			
2177	2,00	67,0	45,3	112,3	65,5	48,4	113,9 ± 1,29
2178		65,5	52,0	117,5			
2179		63,3	48,8	112,1			
2180		66,5	47,5	114,0			
2181	3,00	69,7	49,0	118,7	68,1	48,5	116,6 ± 3,87
2182		67,8	49,5	117,3			
2183		61,1	39,6	100,7			
2184		66,9	47,0	113,9			

Tabelle IX.

Steigende Phosphorsäuregaben in Form von Superphosphatlösung.

Versuchspflanze: Hafer.

Bodenmaterial: Boden-Sandgemisch (Altmittweida).

Gefäß-Nr.	Differenzdüngung P_2O_5 g	Einzelerträge in g Trockensubstanz			Mittelerträge in g Trockensubstanz		
		Stroh	Korn	Gesamt	Stroh	Korn	Gesamt
2405	0,00	19,8	9,9	29,7	19,5	10,2	29,7 ± 1,97
2406		16,5	9,6	26,1			
2407		18,2	9,6	27,8			
2408		23,3	11,8	35,1			
2409	0,10	38,5	22,7	61,2	37,0	24,1	61,1 ± 1,52
2410		38,5	24,7	63,2			
2411		36,2	20,8	57,0			
2412		35,0	28,2	63,2			
2413	0,15	46,5	32,9	79,4	49,1	33,5	82,6 ± 1,99
2414		50,0	37,2	87,2			
2415		47,2	33,2	80,4			
2416		52,9	30,7	83,6			
2417	0,20	53,5	40,5	94,0	55,5	40,6	96,1 ± 1,27
2418		58,2	41,0	99,2			
2419		55,5	41,1	96,6			
2420		55,3	39,5	94,8			
2421	0,30	65,0	48,5	113,5	65,3	49,6	114,9 ± 0,69
2422		63,5	50,9	114,4			
2423		65,5	49,8	115,3			
2424		67,1	49,3	116,4			
2425	0,45	70,9	55,5	126,4	69,4	51,4	120,8 ± 2,79
2426		70,0	52,9	122,9			
2427		69,7	47,6	117,3			
2428		67,0	49,6	116,6			
2429	1,00	69,2	58,0	127,2	71,6	55,6	127,2 ± 1,47
2430		76,7	54,5	131,2			
2431		70,4	55,1	125,5			
2432		70,1	54,7	124,8			
2433	1,50	67,0	58,2	125,2	70,8	56,7	127,5 ± 1,43
2434		69,7	56,2	125,9			
2435		74,0	54,3	128,3			
2436		72,7	58,0	130,7			
2437	2,00	68,9	59,0	127,9	72,1	57,1	129,2 ± 1,52
2438		70,9	55,3	126,2			
2439		72,2	58,0	130,2			
2440		76,3	56,0	132,3			
2441	3,00	68,3	57,9	126,2	71,0	54,1	125,1 ± 0,96
2442		72,2	50,5	122,7			
2443		71,8	53,0	124,8			
2444		71,6	55,0	126,6			

Tabelle X.

Steigende Phosphorsäuregaben in Form von Superphosphatlösung.

Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: Boden-Sandgemisch (Lüsewitz).

Gefäß-Nr.	Differenzdüngung P_2O_5 g	Einzelerträge in g Trockensubstanz			Mittelerträge in g Trockensubstanz		
		Stroh	Korn	Gesamt	Stroh	Korn	Gesamt
2353	0,00	61,0	45,7	106,7	59,7	44,2	103,9 ± 1,85
2354		60,0	45,2	105,2			
2355		61,0	43,9	104,9			
2356		56,8	42,0	98,8			
2357	0,10	67,6	48,8	116,4	68,6	49,2	117,8 ± 1,59
2358		71,4	50,9	122,3			
2359		68,9	48,3	117,2			
2360		66,5	49,0	115,5			
2361	0,15	71,9	54,9	126,8	71,8	53,8	125,6 ± 2,26
2362		71,7	51,8	123,5			
2363		76,0	54,6	130,6			
2364		67,7	53,7	121,4			
2365	0,20	70,1	51,3	121,4	70,1	50,3	120,4 ± 1,86
2366		71,0	50,1	121,1			
2367		72,7	51,2	123,9			
2368		66,7	48,6	115,3			
2369	0,30	75,8	52,0	127,8	74,3	51,8	126,1 ± 2,19
2370		73,7	47,7	121,4			
2371		76,8	53,7	130,5			
2372		70,8	54,0	124,8			
2373	0,45	71,8	51,3	123,1	73,4	53,3	126,7 ± 2,06
2374		72,5	53,8	126,3			
2375		76,8	55,6	132,4			
2376		72,6	52,4	125,0			
2377	1,00	71,9	52,3	124,2	72,5	53,8	126,3 ± 0,76
2378		73,2	54,5	127,7			
2379		74,1	52,5	126,6			
2380		70,9	55,8	126,7			
2381	1,50	76,6	51,2	127,8	74,4	52,7	127,1 ± 1,39
2382		73,0	55,6	128,6			
2383		76,0	52,7	128,7			
2384		72,0	51,2	123,2			
2385	2,00	71,8	54,7	126,5	69,7	52,2	121,9 ± 2,44
2386		70,3	53,7	124,0			
2387		70,0	49,9	119,9			
2388		66,6	50,5	117,1			
2389	3,00	63,7	47,5	111,2	65,2	46,6	111,8 ± 1,86
2390		65,4	48,7	114,1			
2391		67,2	47,5	114,7			
2392		64,7	42,6	107,3			

Tabelle XI.

Steigende Phosphorsäuregaben in Form von Superphosphatlösung bei geringerer Grunddüngung.

Versuchspflanze: Hafer.
Bodenmaterial: Hohenbockaer Glassand.

Gefäß-Nr.	Differenzdüngung P_2O_5 g	Einzelerträge in g Trockensubstanz			Mittelerträge in g Trockensubstenz		
		Stroh	Korn	Gesamt	Stroh	Korn	Gesamt
2277	0,00	4,3	0,9	5,2	4,0	0,5	4,5 ± 0,325
2278		3,8	0,3	4,1			
2279		4,3	0,4	4,7			
2280		3,7	0,3	4,0			
2285	0,10	28,9	17,8	46,7	28,3	16,6	44,9 ± 0,615
2286		27,3	16,7	44,0			
2287		28,7	15,5	44,2			
2288		28,2	16,7	44,9			
2289	0,15	37,5	24,2	61,7	37,5	21,0	58,5 ± 2,566
2290		36,9	22,7	59,6			
2291		verunglückt					
2292		37,9	16,2	54,1			
2293	0,20	43,3	22,8	66,1	43,8	24,6	68,4 ± 1,231
2294		44,6	26,5	71,1			
2295		45,0	24,0	69,0			
2296		42,3	24,9	67,2			
2297	0,30	47,2	24,2	71,4	45,3	25,5	70,8 ± 1,683
2298		42,9	27,5	70,4			
2299		44,7	21,8	66,5			
2300		46,4	28,4	74,8			
2301	0,45	45,6	26,9	72,5	46,1	24,6	70,7 ± 1,014
2302		46,5	25,0	71,5			
2303		46,2	22,5	68,7			
2304		45,9	23,8	69,7			
2305	1,00	38,5	17,3	55,8	41,0	19,8	60,8 ± 2,697
2306		42,8	22,3	65,1			
2307		42,0	22,0	64,0			
2308		40,8	17,6	58,4			
2309	1,50	38,7	17,7	56,4	35,7	16,9	52,6 ± 2,262
2310		33,8	15,5	49,3			
2311		36,9	18,0	54,9			
2312		33,2	16,3	49,5			
2313	2,00	23,8	10,3	34,1	30,1	14,4	44,5 ± 3,710
2314		30,8	15,1	45,9			
2315		34,4	17,0	51,4			
2316		31,3	15,0	46,3			

Tabelle XII.

Bestimmung der Ausnutzung der gegebenen Kali-Differenzdüngung bei Versuchsreihe I.

(siehe Tabelle I).

Gefäß-Nr.	Gegeben x g K_2O	Stroh		Korn		Gesamt		Aufgenomm. mg K_2O = im Ges.-Ertrag gef. Menge K_2O — 6 mg K_2O bei x = 0,00
		Mittelerträge Tr.-S. g	Darin gef. K_2O mg	Mittelerträge Tr.-S. g	Darin gef. K_2O mg	Mittelerträge Tr.-S. g	Darin gef. K_2O mg	
2021—2024	0,00	1,3	6,0	0,00	—	1,3	6,0	—,
2025—2027	0,05	16,03	45,6	0,05	—	16,1	45,6	39·6
2030—2032	0,10	20,6	33,4	4,9	52,2	25,5	85,6	79·6
2033—2036	0,20	32,8	41,8	17,9	124,0	50,7	165,8	159·8
2037—2040	0,30	44,2	73,8	28,1	172,2	72,3	246,0	240·0
2041—2044	0,50	55,9	150,3	39,9	274,0	95,8	424,3	418·3
2045—2048	0,80	65,0	356,8	44,5	291,1	109,5	647,9	641·9
2049 2052	1,60	69,1	931,4	50,7	366,2	119,8	1297,6	1291·6
2053—2056	2,00	70,9	970,0	51,4	371,0	122,3	1341,0	1335,0
2057—2060	3,00	69,0	973,5	44,6	374,2	113,6	1347,2	1341,7

Tabelle XIII.

Bestimmung der Ausnutzung der gegebenen Kali-Differenzdüngung bei Versuchsreihe II.

(siehe Tabelle II).

Gefäß-Nr.	Gegeben x g K_2O	Stroh		Korn		Gesamt		Aufgenomm. mg K_2O = im Ges.-Ertrag gef. Menge K_2O — 241 mg K_2O bei x = 0,00
		Mittelerträge Tr.-S. g	Darin gef. K_2O mg	Mittelerträge Tr.-S. g	Darin gef. K_2O mg	Mittelerträge Tr.-S. g	Darin gef. K_2O mg	
2109—2112	0,00	28,6	109,0	15,0	132,0	43,6	241,0	—
2113—2116	0,10	37,5	131,1	22,4	192,3	59,9	323,4	82,4
2117—2120	0,20	45,4	163,0	32,6	238,0	78,0	401,0	160,0
2121—2124	0,30	50,7	204,0	37,3	281,2	88,0	485,2	244,2
2125—2128	0,50	57,3	311,3	42,0	349,1	99,3	660,4	419,4
2129—2132	0,80	60,7	457,4	46,8	402,2	107,5	859,6	618,6
2133—2136	1,60	70,0	1117,2	49,7	426,1	119,7	1543,3	1302,3
2137—2140	2,00	72,7	1333,3	48,3	432,2	121,0	1765,5	1524,5
2141—2144	3,00	72,7	1350,4	50,1	441,2	122,8	1791,6	1550,6

Tabelle XIV.

Bestimmung der Ausnutzung der gegebenen Kali-Differenzdüngung bei Versuchsreihe III.

(siehe Tabelle III).

Gefäß-Nr.	Gegeben x g K_2O	Stroh		Korn		Gesamt		Aufgenomm. mg K_2O = im Ges.-Ertrag gef. Menge K_2O — 326 mg K_2O bei x = 0,00
		Mittelerträge Tr.-S. g	Darin gef. K_2O mg	Mittelerträge Tr.-S. g	Darin gef. K_2O mg	Mittelerträge Tr.-S. g	Darin gef. K_2O mg	
2317—2320	0,00	37,9	131,0	25,2	195,0	63,1	326,0	—
2321—2324	0,10	45,5	196,1	28,3	210,0	73,8	406,1	80,1
2325—2328	0,20	49,9	225,1	32,5	259,2	82,4	484,3	158,3
2329–2332	0,30	53,2	248,1	40,5	311,0	93,7	559,1	233,1
2333—2336	0,50	62,1	355,0	46,5	393,0	108,6	748,0	422,0
2337—2340	0,80	69,1	527,6	49,1	476,9	118,2	1004,5	678,5
2341—2344	1,60	74,4	1138,2	50,7	493,2	125,1	1631,4	1305,4
2345—2348	2,00	75,1	1334,1	56,1	524,3	131,2	1858,4	1532,4
2349—2352	3,00	75,1	1368,6	54,4	531,1	129,5	1899,7	1573,7

Tabelle XV.

Bestimmung der Ausnutzung der gegebenen Phosphorsäure-Differenzdüngung bei Versuchsreihe V.

(siehe Tabelle VII).

Gefäß-Nr.	Gegeben x g P_2O_5	Stroh		Korn		Gesamt		Aufgenomm. mg P_2O_5 = im Ges.-Ertrag gef. Menge P_2O_5 — 6,9 mg P_2O_5 bei x = 0,00
		Mittelerträge Tr.-S. g	Darin gef. P_2O_5 mg	Mittelerträge Tr.-S. g	Darin gef. P_2O_5 mg	Mittelerträge Tr.-S g	Darin gef. P_2O_5 mg	
2197—2200	0,00	4,4	3,7	0,9	3,2	5,3	6,9	—
2205—2208	0,10	34,5	11,5	13,9	44,2	48,4	55,7	48,8
2209—2212	0,15	47,9	11,1	26,9	83,2	74,8	94,3	87,4
2213—2216	0,20	56,9	18,1	33,7	108,2	90,6	126,3	119,4
2217—2220	0,30	65,2	21,8	43.1	170,0	108,3	191,8	184,9
2221—2224	0,45	67,9	26,4	45,0	266,4	112,9	292,8	285,9
2225—2228	1,00	67,7	218,3	48,2	387,9	115,9	606,2	599,3
2229—2232	1,50	66,5	465,8	48,9	451,0	115,4	916,8	909,9
2233—2236	2,00	62,0	690,0	41,0	416,7	103,0	1106,7	1099,8
2237—2240	3,00	57,7	992,0	36,9	436,1	94,6	1428,1	1421,2

Tabelle XVI.

Bestimmung der Ausnutzung der gegebenen Phosphorsäure-Differenzdüngung bei Versuchsreihe VI.

(siehe Tabelle VIII).

Gefäß-Nr.	Gegeben x g P_2O_5	Stroh		Korn		Gesamt		Aufgenomm. mg P_2O_5 = im Ges.-Ertrag gef. Menge P_2O_5 — 133,1 mg P_2O_5 bei x = 0,00
		Mittelerträge Tr.-S. g	Darin gef. P_2O_5 mg	Mittelerträge Tr.-S. g	Darin gef. P_2O_5 mg	Mittelerträge Tr.-S. g	Darin gef. P_2O_5 mg	
2145—2148	0,00	36,5	23,3	22,7	109,8	59,2	133,1	—
2149—2152	0,10	51,2	24,6	37,8	172,0	89,0	196,6	63,5
2153—2156	0,15	57,2	19,4	43,7	190,5	100,9	210,4	77,3
2157—2160	0,20	62,5	21,6	47,2	216,9	109,7	238,5	105,4
2061—2064	0,30	65,3	33,0	46,4	257,9	111,7	290,9	157,8
2065—2068	0,45	67,3	49,1	47,3	339,9	114,6	389,0	255,9
2169—2672	1,00	68,1	278,1	48,9	396,8	117,0	674,9	541,8
2173—2176	1,50	66,8	406,9	47,0	374,0	113,8	780,9	647,8
2177—2180	2,00	65,5	517,2	48,4	404,8	113,9	922,0	788,9
2181—2184	3,00	68,1	787,5	48,5	451,3	116,6	1238,8	1105,7

Tabelle XVII.

Bestimmung der Ausnutzung der gegebenen Phosphorsäure-Differenzdüngung bei Versuchsreihe VII.

(siehe Tabelle IX).

Gefäß-Nr.	Gegeben x g P_2O_5	Stroh		Korn		Gesamt		Aufgenomm. mg P_2O_5 = im Ges.-Ertrag gef. Menge P_2O_5 — 56,6 mg P_2O_5 bei x = 0,00
		Mittelerträge Tr.-S. g	Darin gef. P_2O_5 mg	Mittelerträge Tr.-S. g	Darin gef. P_2O_5 mg	Mittelerträge Tr.-S. g	Darin gef. P_2O_5 mg	
2405—2408	0,00	19,5	13,5	10,2	43,1	29,7	56,6	—
2409—2412	0,10	37,0	14,4	24,1	99,5	61,1	113,9	57,3
2413—2416	0,15	49,1	18,3	33,5	135,4	82,6	153,7	97,1
2417—2420	0,20	55,5	21,6	40,6	162,2	96,1	183,8	127,2
2421—2424	0,30	65,3	24,2	49,6	218,2	114,9	242,4	185,8
2425—2428	0,45	69,4	30,3	51,4	290,2	120,8	320,5	263,9
2429—2432	1,00	71,6	127,1	55,6	463,8	127,2	590,9	534,3
2433—2436	1,50	70,8	304,4	56,7	458,1	127,5	762,5	705,9
2437—2440	2,00	72,1	492,1	57,1	442,0	129,2	934,1	877,5
2441—2444	3,00	71,0	701,9	54,1	442,1	125,1	1144,0	1087,4

Tabelle XVIII.

Bestimmung der Ausnutzung der gegebenen Phosphorsäure-Differenzdüngung bei Versuchsreihe VIII.

(siehe Tabelle X).

Gefäß-Nr.	Gegeben x g P_2O_5	Stroh		Korn		Gesamt		Aufgenomm. mg P_2O_5 = im Ges.-Ertrag gef. Menge P_2O_5 — 241,7 mg P_2O_5 bei x = 0,00
		Mittelerträge Tr.-S. g	Darin gef. P_2O_5 mg	Mittelerträge Tr.-S. g	Darin gef. P_2O_5 mg	Mittelerträge Tr.-S. g	Darin gef. P_2O_5 mg	
2353—2356	0,00	59,7	42,9	44,2	198,8	103,9	241,7	—
2357—2360	0,10	68,6	35,6	49,2	243,8	117,8	279,4	37,7
2361—2364	0,15	71,8	35,1	53,8	289,1	125,6	324,2	82,5
2365—2368	0,20	70,1	32,8	50,3	272,0	120,4	304,8	63,1
2369—2372	0,30	74,3	42,0	51,8	342,2	126,1	384,2	142,5
2373—2376	0,45	73,4	68,5	53,3	413,8	126,7	482,3	240,6
2377—2380	1,00	72,5	282,0	53,8	438,2	126,3	720,2	478,5
2381—2384	1,50	74,4	486,3	52,7	455,1	127,1	931,3	689,6
2385—2388	2,00	69,7	591,1	52,2	454,2	121,9	1045,3	803,6
2389—2392	3,00	65,2	798,8	46,6	450,0	111,8	1248,8	1007,1

Tabelle XIX.

Bestimmung der Ausnutzung der gegebenen Phosphorsäure-Differenzdüngung bei Versuchsreihe IX.

(siehe Tabelle XI).

Gefäß-Nr.	Gegeben x g P_2O_5	Stroh		Korn		Gesamt		Aufgenomm. mg P_2O_5 = im Ges. Ertrage gef. Menge P_2O_5 — 6,8 mg P_2O_5 bei x = 0,00
		Mittelerträge Tr.-S. g	Darin gef. P_2O_5 mg	Mittelerträge Tr.-S. g	Darin gef. P_2O_5 mg	Mittelerträge Tr.-S. g	Darin gef. P_2O_5 mg	
2277—2280	0,00	4,0	4,7	0,5	2,1	4,5	6,8	—
2285—2288	0,10	28,3	13,4	16,6	47,6	44,9	61,0	54,2
2289, 2290 2292	0,15	37,5	16,3	21,0	64,1	58,5	80,4	73,6
2293—2296	0,20	43,8	22,2	24,6	93,5	68,4	115,7	108,9
2297—2300	0,30	45,3	35,2	25,5	139,0	70,8	174,2	167,4
2301—2304	0,45	46,1	62,1	24,6	186,2	70,7	248,3	241,5
2305—2308	1,00	41,0	248,1	19,8	183,3	60,8	431,4	424,6
2309—2312	1,50	35,7	383,6	16,9	180,9	52,6	564,3	557,5
2313—2316	2,00	30,1	491,5	14,4	188,9	44,5	680,4	673,6

Literaturverzeichnis.

B. Baule: Landwirtschaftl. Jahrb. **51**, 363 (1918); **54**, 493 (1920); **59**, 341 (1924).

W. N. Behrens: Zeitschr. f. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, A. 12, 412 (1928).

Densch u. Pfaff: Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung, B. 4, 321 (1925); B. 6, 385 (1927).

Densch u. Pfaff: Landwirtschaftl. Jahrb. 64 (Erg.) 17. (1926); B. 7, 49 (1928).

M. Gerlach, E. Günther u. C. Seidel: Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde. A. 11, 1 (1928).

M. Gerlach: Landwirtschaftl. Jahrb. 63, 359 (1926).

M. Gerlach: Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung, B. 5, 504 (1926).

M. Gerlach: Mitteilungen d. D.L.G. 41, 985 (1926).

M. Gerlach: Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, A. 11, 1 (1928).

O. Lemmermann: Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, B. 7, 49 (1928).

J. v. Liebig: Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie. Braunschweig 1840, S. 152.

J. v. Liebig: Grundsätze der Agrikulturchemie. Braunschweig 1855, 2. Aufl. S. 121.

J. v. Liebig: Grundsätze der Agrikulturchemie. Braunschweig 1855, S. 24.

J. v. Liebig: Chemische Briefe. Leipzig und Heidelberg 1859, Bd. 2, S. 473.

J. v. Liebig: Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie, 7. Aufl. 1862, S. 116, 117 und 415.

K. Maiwald: Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde. B. 7, 370 (1928).

A. Mayer: Landwirtschaftliche Versuchsstation, 78, 115 (1912).

E. A. Mitscherlich: Die Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens. Berlin 1925.

E. A. Mitscherlich: Landwirtschaftliche Jahrbücher 49, 341 (1916).

E. A. Mitscherlich: Landwirtschaftliche Jahrbücher 56, 71 (1921).

E. A. Mitscherlich: Internationale Gesellschaft für Bodenkunde. Verhandl. d. 4. Kommission. Königsberg, S. 49 (1930).

Opitz u. Rathsack: Landwirtschaftliche Jahrbücher **67**, 321 (1928).
A. Rippel: Journal für Landwirtschaft **70**, 9 (1922).
A. Rippel: Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, A. **3**, 396 (1924); A. **7**, 1 (1926).
Rodewald: Landwirtschaftliche Versuchsstationen **78**, 245. 389 (1912).
C. Sprengel: Die Bodenkunde. Leipzig 1837.
C. Sprengel: Die Lehre vom Dünger. Leipzig 1837.
C. Sprengel: Die Bodenkunde. Leipzig 1837, S. 303.
H. Wiessmann: Pflanzenbau **4**, 193 (1927/28).
H. Wiessmann: Pflanzenbau **5**, 142 (1928/29).
H. Wiessmann: Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung. A. **2**, 58 (1923).
H. Wiessmann: Landwirtschaftliche Versuchsstation **107**, 275 (1928).
H. Wiessmann: Internationale Gesellschaft für Bodenkunde. Verhandl. der 4. Komm. Königsberg, S. 2 (1930).
H. Wiessmann: Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde. A. 10, 206 (1928).
H. Wiessmann: Die landwirtschaftlichen Versuchsstationen. 107, 275 (1928).
H. Wiessmann: Die Ernährung der Pflanze. 23, 386 (1927); 24, 30 (1928).
H. Wiessmann: Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde. B. 8, 76 (1929).
H. Wiessmann: Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde. A. 13, 205 (1929).
Ph. Zoeller: Journal für Landwirtschaft, **15**, 2. 205 (1865).

Lebenslauf.

Am 26. September 1902 wurde ich, Paul Vath, zu Lüblow i. Meckl. geboren.

Ich besuchte das Realgymnasium zu Malchin, das ich mit Primareife Ostern 1920 verließ, um mich der Apothekerlaufbahn zu widmen.

Nach dreijähriger Lehrzeit in der Malchiner Apotheke bestand ich in Rostock das pharmazeutische Vorexamen und absolvierte sodann meine Assistentenzeit in Königsberg i. Pr., Hannover und Erfurt.

Am 15. Oktober 1924 wurde ich an der Technischen Hochschule zu Braunschweig für das Studium der Pharmazie immatrikuliert.

Am 2. September 1926 bestand ich das pharmazeutische Staatsexamen und bereitete mich dann privatim zur Ablegung der Reifeprüfung als Extraneer vor. Diese bestand ich am 22. September 1927 am Realgymnasium zu Malchin.

Vom 1. Oktober bis 31. Dezember 1927 war ich in Hamburg in der Rosen-Apotheke und vom 1. Januar bis 30. September 1928 in der Greif-Apotheke, Rostock, tätig.

Während des Sommersemesters 1928 hörte ich chemische Vorlesungen an der Rostocker Universität. Hierauf widmete ich mich weitere vier Semester dem Studium der Naturwissenschaften, und zwar den Fächern: Agrikulturchemie, Botanik und Bakteriologie. Meine Lehrer während meines gesamten Studiums waren: Prof. Dr. Beckkurts, Prof. Dr. Disselhorst, Prof. Dr. Friess, Prof. Dr. Gassner, Prof. Dr. v. Guttenberg, Prof. Dr. Honcamp, Prof. Dr. Horrmann, Prof. Dr. Linde, Prof. Dr. Poppe, Prof. Dr. Stoermer, Prof. Dr. Troeger und Prof. Dr. Wiessmann.

Ich bin evgl.-luth. Konfession und besitze die Mecklbg.-Schwerinsche Staatsangehörigkeit